



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL  
GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE FLOTACIÓN EN LA PLANTA PP5Y SU  
INFLUENCIA EN LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA  
GRUPO FAMILIA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL AÑO 2015  
AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE FLOTACIÓN EN LA PLANTA PP5.

**AUTOR:**

Tacan Santamaria Juan Xavier

**TUTOR:**

Rodríguez Gustavo.

**Latacunga – Ecuador**

**Junio – 2017**

## **AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Ing. Juan Xavier Tacán Santamaría, con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: **DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE FLOTACIÓN EN LA PLANTA PP5Y SU INFLUENCIA EN LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA GRUPO FAMILIA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA EN EL AÑO 2015. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE FLOTACIÓN EN LA PLANTA PP5**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga junio 13, 2017

Para constancia firman:

MSc. ANGEL LEON  
cc.....  
PRESIDENTE

PhD. JUAN JOSE LA CALLE  
cc.....  
MIEMBRO

PhD. MELQUIADES MENDOZA  
cc.....  
MIEMBRO

MSc. FRANKLIN VASQUEZ  
cc .....  
OPONENTE

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo, Juan Xavier Tacan Santamaria portador de la cédula de ciudadanía No. 502205776 declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo la obtención del título de Magister en Gestión de Energías son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Ing. Juan Xavier Tacan Santamaria

CI. 0502205776

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su infinito amor y su guía en mi vida.

A mi esposa por su comprensión y apoyo.

A la UTC que permitió enriquecer mis conocimientos por medio de su excelencia académica.

A Grupo Familia por facilitar las instalaciones y sus recursos para el desarrollo de la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo dedico a mi esposa Lorena, a mis queridos hijos Josué, Juan y David que son mi fuente de motivación para cada día salir adelante alcanzando nuevas metas y a mis queridos padres Juan y Teresa por su apoyo incondicional.

## INDICE GENERAL

### PRELIMINARES

PORTADA.....	i
AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA .....	v
INDICE GENERAL .....	vi
INDICE DE TABLAS .....	ix
INDICE DE GRAFICOS .....	x
A. INTRODUCCION .....	1
B. ELEMENTOS DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	1
a. Situación problémica:.....	1
b. Justificación de la investigación: .....	3
c. Objeto y problema de la investigación:.....	4
d. Campo de acción y objetivo general:.....	4
e. Hipótesis y desarrollo de la investigación:.....	5
f. Objetivos específicos:.....	5
g. Sistema de tareas.....	6
h. Paradigma o enfoque epistemológico: .....	6
<b>CAPITULO 1: MARCO CONTEXTUAL Y TEORICO.....</b>	<b>8</b>
1.1    Industria Papelera.....	8
1.2    Proceso papelerero .....	8
1.3    Preparadora de Pasta PP5 .....	11
1.3.1    DESTINTADO POR FLOTACIÓN.....	13
1.4    Sistema de Gestión de Energía.....	16
1.3.2    Control de flujo variando velocidad .....	17

1.5 Antecedentes de estudio.....	20
1.5 Fundamentación legal.....	21
<b>CAPITULO 2: METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
2.1 Modalidad de la investigación.....	24
2.2 Descripción del objetivo de estudio.....	25
2.2.1 Área de flotación PP5 Grupo Familia.....	25
2.2.2 Fases de la flotación.....	26
2.3 Principio de operación.....	27
2.3 Eficiencia de la flotación.....	28
2.4 Diagrama de proceso del sistema por flotación.....	30
2.5 Matriz de operacionalización de variables.....	31
2.5 Expresiones que determinan un sistema de bombeo.....	32
2.7 Método alternativo para determinar la eficiencia de la bomba.....	33
2.8 Técnicas experimentales utilizadas e Instrumentos.....	34
2.9 Sistema de adquisición de datos.....	36
<b>CAPITULO 3: RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>38</b>
3.1 Diagnóstico eléctrico del sistema eléctrico del área por flotación.....	38
3.2 Caracterización del sistema y consumo actual de energía.....	38
3.3 Toma de información en campo.....	39
3.4 Análisis de la pérdida de la energía.....	44
3.5 Análisis experimental de la pérdida de energía.....	49
<b>CAPITULO 4: PROPUESTA.....</b>	<b>54</b>
4.1 Título.....	54
4.2 Justificación de la propuesta.....	54
4.4 Desarrollo de la propuesta.....	55
4.4.1 Selección de los variadores.....	55
4.4.2 Selección del PLC.....	56

4.4.3 Selección software de programación.....	57
4.4.4 Diseño eléctrico del sistema de control.....	60
4.4.5 Instalación de los gabinetes eléctricos.....	63
4.4.6 Programación del sistema de control.....	65
4.4.6 Programación Gráfica.....	68
3.5 Puesta en marcha del sistema.....	69
4.6 Diagnóstico eléctrico del sistema eléctrico del área por flotación con control.....	71
4.7 Análisis financiero de la investigación obtenida.....	75
4.8 Conclusiones.....	79
4.9 Recomendaciones.....	81
4.10 Referencia Bibliográfica.....	82
4.11 Bibliografía.....	82
ANEXOS.....	84

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Operacionalización de variable independiente .....	31
Tabla 2. 2. Operacionalización de variable dependiente .....	31
Tabla 2. 3. Equipos e instrumentos utilizados en la observación de campo .....	36
Tabla 3. 1. Características de motor y bomba PP5-BP006.....	39
Tabla 3. 2. Consumo energético del área de flotación.....	43
Tabla 4. 1. Consumo de energía Enero – Junio 2016 .....	72
Tabla 4. 2. Costo de energía 2015.....	75
Tabla 4. 3. Costo de energía 2016.....	75
Tabla 4. 4. Calculo del TIR y VAN .....	78

## INDICE DE GRAFICOS

Figura 1. 1 Diagrama de proceso .....	10
Figura 1. 2. Diagrama del Canister inyectorFigura.....	14
Figura 1. 3. Celda de flotación.....	15
Figura 1. 4. Sistema de gestión de energía.....	17
Figura 1. 5. Control mecánico vs Control con variador.....	18
Figura 1. 6. Control de válvula. ....	19
Figura 1. 7. Control con variador de velocidad .....	20
Figura 2. 1. Sistema de flotación .....	25
Figura 2. 2. Sistema de flotación .....	28
Figura 2. 3. Sistema de bombeo del área de flotación .....	29
Figura 2. 4. PI&D Área de flotación.....	30
Figura 2. 5. Cabeza total de una bomba.....	32
Figura 2. 6. Sistema DCS.....	37
Figura 3. 1. Sistema Scada del sistema de flotación Grupo Familia.....	40
Figura 3. 2. Fluke 430.....	41
Figura 3. 3. Arrancador directo PP5-BP006 .....	41
Figura 3. 4. Tendencia de potencia PP5-BP006 .....	42
Figura 3. 5. Potencia consumida PP5-BP006 .....	42
Figura 3. 6. Tendencia consumo de energía del área de flotación.....	43
Figura 3. 7. Válvula estrangulada a la salida de una bomba.....	44
Figura 3. 8. Control mecánico vs control con variador.....	46
Figura 3. 9. Control de caudal por válvulas .....	47
Figura 3. 10. Sistema DCS PP5-BP006 con variador.....	49
Figura 3. 11. Tendencia de potencia con variador PP5-BP006 .....	50
Figura 3. 12. Potencia consumida PP5-BP006 .....	51
Figura 4. 1. PLC S7-400 .....	57
Figura 4. 2. Simatic PCS 7.....	58
Figura 4. 3. Arrancador directo PP5-BP006 .....	61
Figura 4. 4. PI&D Sistema de Flotación Lazo Abierto.....	62
Figura 4. 5. PI&D Sistema de Flotación Lazo Cerrado .....	63
Figura 4. 6. Gabinete eléctrico interno.....	64
Figura 4. 7. Gabinete eléctrico externo .....	64

Figura 4. 8. Plan View PCS-7.....	65
Figura 4. 9. Librería de datos PCS-7.....	66
Figura 4. 10. Component View PSC-7 .....	67
Figura 4. 11. Configuración de hardware PCS-7 .....	68
Figura 4. 12. Graphics Designer PCS-7.....	69
Figura 4. 13. Puesta en marcha Sistema Flotación .....	70
Figura 4. 14. Botonera de operación.....	70
Figura 4. 15. Tendencia consumo de energía Enero – Junio 2016 .....	73
Figura 4. 16. Comparativo Consumo de Energía 2015 vs 2016 .....	74
Figura 4. 17. Costo de energía eléctrica 2015 vs 2016 .....	76

## RESUMEN

La presente investigación de la Automatización del proceso de destintado por flotación en la planta de pasta PP5 utilizando nuevas tecnologías para reducir el consumo de energía eléctrica en la Empresa Grupo Familia, surge con el propósito de potencializar el uso de las Tecnologías actuales, sustituyendo controles antiguos; reduciendo el consumo de energía, aumentando la rentabilidad y logrando una sostenibilidad empresarial. El desarrollo del presente trabajo toma en cuenta las directrices que se establecen en el proceso de justificación de proyectos empresariales, especialmente aquellas enfocadas a la rentabilidad. Como objeto del análisis se identifica el estudio de las pérdidas de energía eléctrica en el proceso de destintado de la planta de pasta PP5 que se realiza mediante mediciones de campo, y a través de un estudio detallado, utilizando métodos de investigación científica cuantitativa y experimental se identifica el origen de la situación actual del área; también se detectan las oportunidades desde el punto de vista tecnológico las cuales son seleccionadas adecuadamente y se las implementan. Como resultado de estos análisis e implementaciones se obtienen en primera instancia los resultados calculados y finalmente los resultados experimentales, de energía eléctrica definitivos; los cuales serán debidamente registrados y controlados. Finalmente se realiza la evaluación económica básica TIR y VAN; con cifras que cumplen con las expectativas empresariales.

**Palabras claves:** Automatización, proceso de flotación, consumo de energética, tecnologías actuales.

## **ABSTRACT**

The present investigation of the automation of the process of the destination by the flotation in the plant of the paste PP5 new technologies to reduce the consumption of electrical energy in the company Group Family, with the purpose of potentializing the use of the current technologies, replacing old controls; reducing energy consumption, increasing profitability and achieving business sustainability. The development of the present work takes into account the guidelines that are established in the process of justifying business projects, especially those focused on income. The object of analysis is the study of the loss of electrical energy in the process of destination of the PP5 pulp plant, which is carried out through field measurements and through a detailed study using scientific research methods quantitative and experimental. Identifies the origin of the current situation of the area; opportunities are also detected from the technological point of view, which are properly selected and implemented. As a result of this analysis and the implementations was obtained in the first instance the calculated results and finally the experimental results, of definitive electrical energy; which are duly registered and controlled. Finally, the basic economic evaluation TIR and VAN are carried out; with figures that meet business expectations.

**Key words:** Automation, flotation process, energy consumption, current technologies.

## **A. INTRODUCCION**

La globalización mundial de los mercados nos obliga a las industrias a buscar niveles competitivos que garanticen su permanencia en los mercados internos y externos, teniendo que esforzarnos en aumentar la eficiencia, apareciendo como una alternativa la programación del uso racional de la energía eléctrica y térmica, mejorando los procesos de producción, integrando eficientemente hombres, materiales y equipos, con tendencias a una producción más limpia

La energía es un factor determinante para el crecimiento de las empresas, en los últimos años, la empresa ha experimentado un aumento significativo del consumo de energía eléctrica y térmica (diesel-bunker), motivado por el crecimiento continuo de la demanda de los productos elaborados por la marca Familia, y que van de la mano con la economía del país y el aumento de la calidad de vida de nuestros ciudadanos.

Por ello, se deben realizar planes que permitan afrontar las previsiones de aumento de la demanda de energía con total garantía, que consolide un modelo energético competitivo, con niveles de calidad y desarrollo sustentable.

## **B. ELEMENTOS DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

### **a. Situación problemática:**

Actualmente los problemas que se han detectado en el área de molinos son el alto consumo de energía tanto eléctrica como térmica de acuerdo a los estándares internacionales, debido a la utilización de motores y procesos obsoletos que sobrepasaron su vida útil; no permite en

muchos casos ser competitivos en este aspecto, a pesar de contar la fábrica con tecnología de punta, aun así, no se termina de automatizar todos sus procesos.

En la figura 1 indica un análisis causa efecto realizado a un proceso de la planta industrial Lasso determinando una oportunidad de mejora en el área de los molinos.

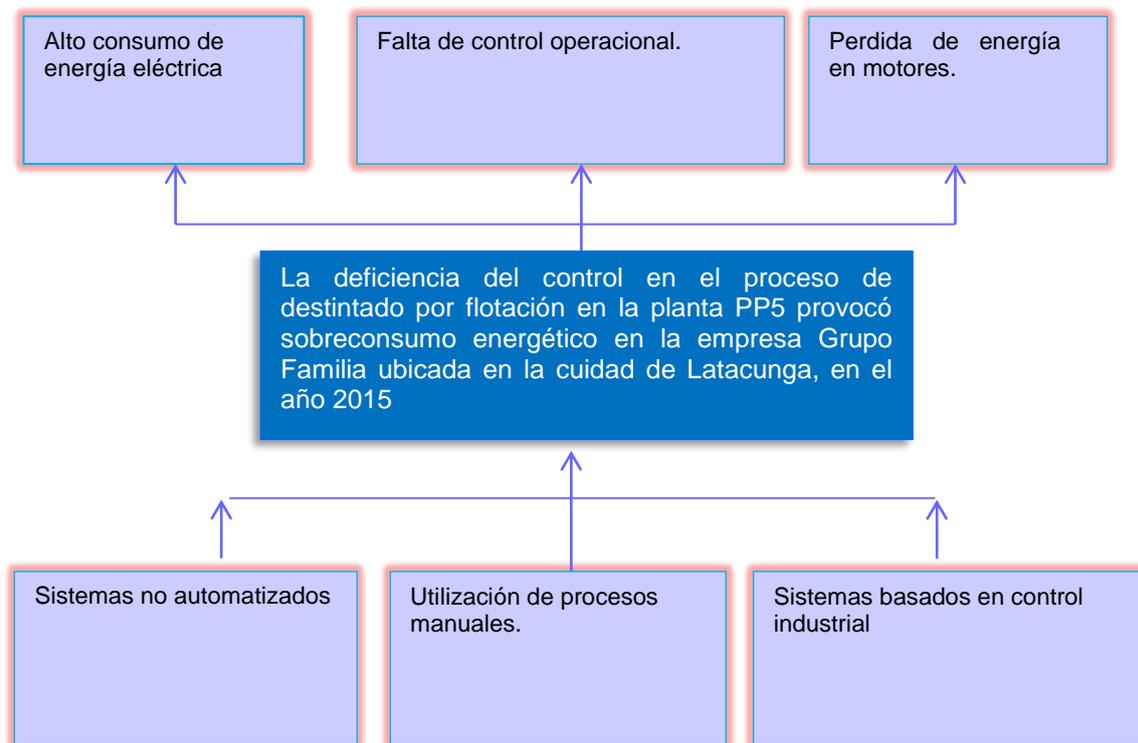


Figura 1. Diagrama causa efecto.

Elaborado por: Tacán, Juan Xavier.

Las causas más relevantes que podemos mencionar son sistemas no automatizados; utilización de procesos manuales y sistemas basados en control industrial; de esto se derivan los siguientes: efectos alto consumo de energía eléctrica; dependencia operativa y pérdida de energía en motores.

## b. Justificación de la investigación:

El área de molinos es la sección más representativa de consumo de energía de la planta industrial Grupo Familia, en la figura 2 presenta el consumo que actualmente es de 100000 kWh diarios de energía eléctrica, 1400 gal de diesel y 3400 gal de bunker por día; una producción de 70 toneladas diarias teniendo como resultado 4,1 MWH/TON.

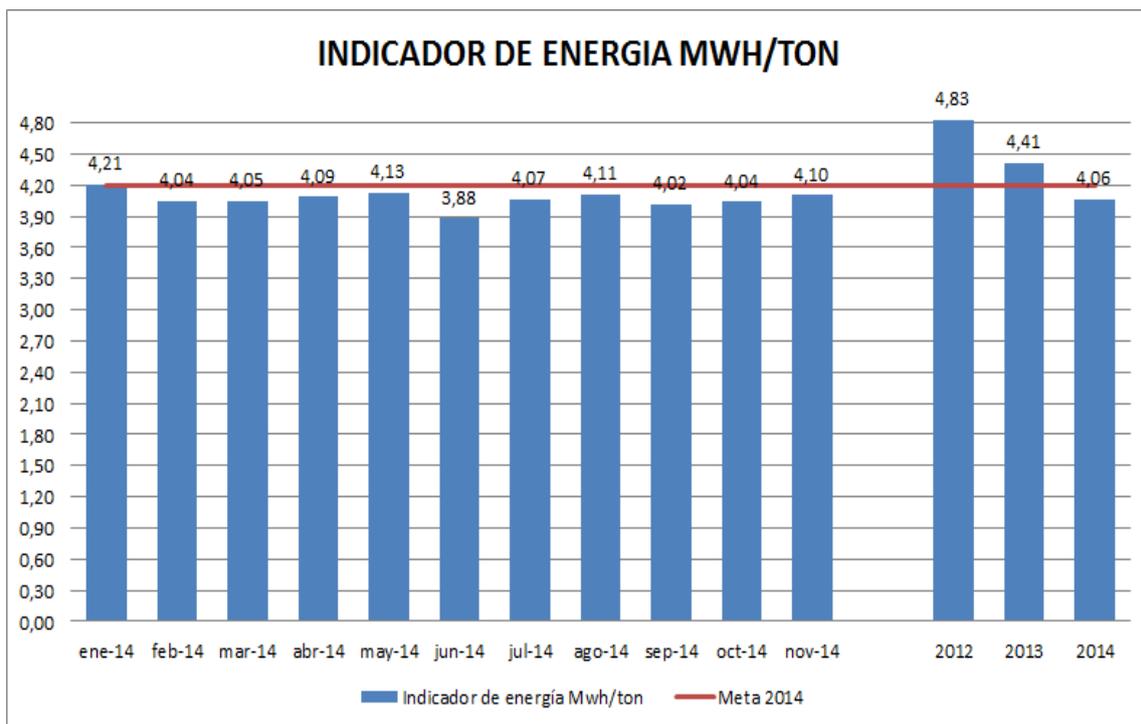


Figura 2. Indicador de energía Familia Sancela S.A.

Fuente: Base de datos Familia Sancela S.A.

Esto conlleva a tener monitoreadas y controladas todas estas variables consumibles y bajarlas en el menor tiempo posible a los estándares internacionales (3,5MWH/TON). Siendo la energía eléctrica un portador energético que abarca el 14% del costo de los productos se hace fundamental realizar la investigación sobre la automatización del sistema de flotación para reducir el consumo de energía eléctrica; motivados en ser competitivos en el mercado al reducir un rubro que causa impacto al producto final. Así mismo la concientización de las

personas del ahorro de energía eléctrica permitirá minimizar el impacto ambiental que hoy por hoy estamos padeciendo a nivel mundial; al evitar el consumo especialmente de los combustibles fósiles.

**c. Objeto y problema de la investigación:**

El problema a investigar queda delimitado al sistema de flotación de la planta PP5 de la empresa Grupo Familia, durante el año 2015.

**Problema de investigación**

¿Cómo la falta de automatización del sistema de flotación en la planta de pasta PP5 provoca pérdidas de energía eléctrica en la Empresa Grupo Familia de la ciudad de Latacunga?

**Objeto de estudio.**

La esencia del estudio es la automatización del proceso de destintado por flotación para la planta PP5, permitirá el ahorro del consumo de energía eléctrica; de esta manera iniciando con las mejores prácticas en la Gestión Energética del Grupo Familia Sancela.

**d. Campo de acción y objetivo general:**

Perfeccionamiento de las tecnologías existentes.

## **Objetivo general**

Automatizar el proceso de destintado por flotación en la planta de pasta PP5 utilizando nuevas tecnologías para reducir el consumo de energía eléctrica en la Empresa Grupo Familia.

## **e. Hipótesis y desarrollo de la investigación:**

La falta de automatización del proceso de destintado por flotación en la planta de pasta PP5 es una causa del sobre consumo de energía en la Empresa Grupo Familia en el año 2015.

## **f. Objetivos específicos:**

- Investigar el proceso del sistema de destintado por flotación a través de fuentes bibliográficas para conocer su funcionamiento.
- Determinar los consumos actuales de energía eléctrica mediante mediciones de campo como base inicial del proyecto de investigación.
- Seleccionar los equipos para la automatización del sistema de destintado por flotación utilizando método de investigación cuantitativo para mejorar la eficiencia energética del sistema.
- Realizar una evaluación económica con la valorización del consumo energético antes y después de la automatización para justificar su implementación.

### **g. Sistema de tareas.**

1. Caracterización del sistema de flotación.
2. Identificación de las ecuaciones para simular las pérdidas de energías en el sistema de bombeo.
3. Medición de parámetros (presión y corriente) del proceso.
4. Valoración de pérdidas energéticas asociados al proceso.

### **h. Paradigma o enfoque epistemológico:**

Un paradigma supone un determinado entendimiento de las cosas que promueve una forma de pensar en particular por sobre otras.

El enfoque de este proyecto fue el carácter de experimental y cuantitativo – cualitativo, en razón, que se utiliza la observación, registro y análisis de las variables que intervienen en la investigación cuantitativa porque en la investigación de campo se realizara en lugar donde se produce los hechos, planta de tratamiento de pasta PP5 sistema de flotación; y cualitativa porque en función de los datos se establecerá condiciones y recomendaciones sobre las variables de la investigación con el apoyo del fundamento teórico.

### **i. Nivel de la investigación.**

La metodología para esta investigación a seguir es, investigación exploratoria, descriptiva, correlacional (asociación de variables) y la explicativa.

**Investigación exploratoria:** Es considerada como el primer acercamiento científico a un problema. Se utiliza cuando éste aún no ha sido abordado o no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aún determinantes.

Primeramente, se evaluará todos los procesos en busca de los problemas existentes.

**Investigación Descriptiva:** Se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad.

Entender la funcionalidad y como afectan a los sistemas de proceso.

**Investigación correlacional:** Es aquel tipo de estudio que persigue medir el grado de relación existente entre dos o más conceptos o variables.

Se tratará de interpretar la mayor cantidad de variables para poderlas interrelacionar.

**Investigación explicativa:** Es aquella que tiene relación causal, no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo. Puede valerse de diseños experimentales y no experimentales.

Finalmente unir toda la investigación para tratar de resolver de mejor manera y al menor costo el problema planteado.

## **CAPITULO 1: MARCO CONTEXTUAL Y TEORICO**

### **1.1 Industria Papelera**

**Grupo Familia S.A. La planta de Grupo Familia S.A.**, planta Lasso, está dotada con tecnología de punta y ventajas competitivas como planta de tratamiento de aguas influentes y efluentes, planta de preparación de pasta, máquina de papel de alta velocidad y una línea de conversión con lo último en tecnología. Esta planta de producción generando 1000 puestos de trabajo y está dedicada exclusivamente a la producción de papel tipo “tissue”.

Actualmente, cuenta con una producción en salida de grandes rollos de 70 t/día, y de producto terminado listo para distribución de 100 t/día. El papel tipo “tissue” es la base para la transformación a papeles suaves, como lo son el papel higiénico, las servilletas, las toallas de cocina, y los pañuelos faciales.

### **1.2 Proceso papelerero**

Según la mayor parte de los rollos de papel como indicamos en la figura 1.1, comienzan siendo papel reciclado en grandes pacas de archivo e imprenta que caen en un “pulper”, produciendo una pasta consistente y uniforme. Luego de la etapa de pulpeo, la fibra en suspensión se somete a procesos de depuración, donde inicialmente entra a las etapas de limpieza de sólidos de alta densidad. Estas unidades de limpieza 24 retiran los sólidos más pesados como los metales, la madera, las arenas y demás contaminantes pesados contenidos en la materia prima. Luego de la separación de alta densidad sigue una etapa de destintado que elimina la mayor cantidad de tinta presente en la pasta. A continuación, la suspensión de fibra entra a otras etapas de limpieza que refinan la pasta retirando las partículas de baja densidad y las gomas presentes en este punto del proceso, en seguida, la pasta entra a una unidad de dispersión de puntos negros que ayuda a darle a la pasta una apariencia

homogénea, evitando con ello variaciones entre lote y lote. Después está la torre de blanqueamiento que le entrega a la pasta un aspecto más blanco gracias a una reacción oxidativa. Seguida de la etapa de blanqueamiento, la pasta entra en la última unidad de limpieza de gomas antes de ser entregada a la máquina.

Una vez que la pasta se encuentra refinada y blanqueada, ingresa a la máquina formadora de hojas, compuesta de una serie de bandas filtradoras y de rodillos de presión, que transforman la pasta en una delgada lámina. Luego un gran cilindro se encarga de secar la hoja ya formada conocido como “yankee”, y en seguida la delgada lámina es enrollada en bobinas que se transforman en grandes rollos con pesos que oscilan entre 2 y 3 toneladas para luego ser conducidos a la bodega de almacenamiento de grandes rollos.

Para transformar esos grandes rollos en los pequeños rollos de papel higiénico que se conocen, cada rollo es transportado a las máquinas convertidoras, las cuales convierten los grandes rollos de 2 y 3 toneladas en pequeños rollos de 300 gramos. En esta parte del proceso se le da al papel higiénico la textura, el grabado, el aroma, y dependiendo del caso una impresión o troquelado distintivo de cada producto. Luego los rollos son empacados dependiendo de la presentación que se esté fabricando, se embalan por pacas y son puestos en estibas listos para ser enviados a la bodega de distribución (Alliot, M.; Avila, A., 2009)

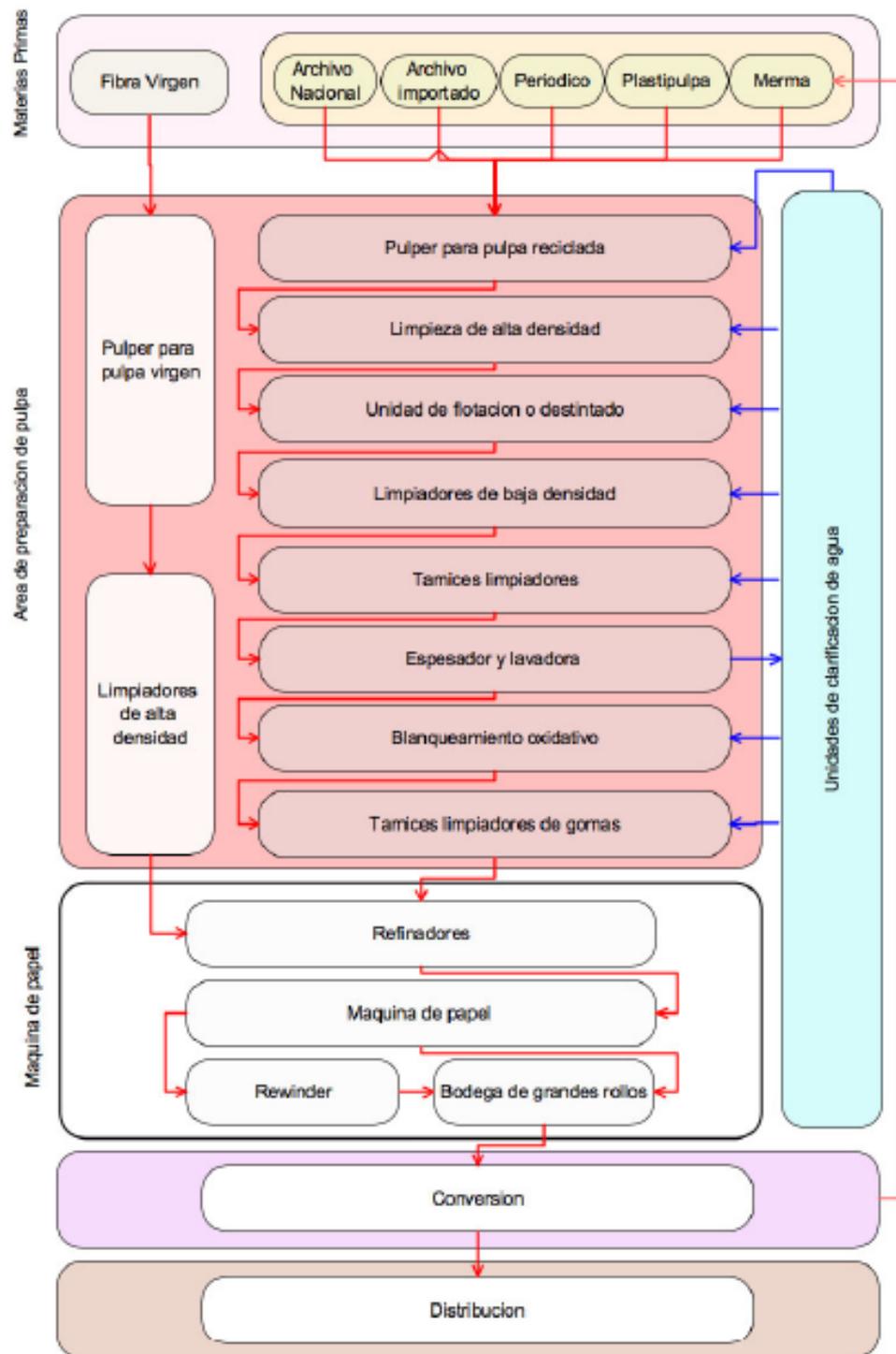


Figura 1. 1 Diagrama de proceso

Fuente: Base de datos Familia Sancela.

### 1.3 Preparadora de Pasta PP5

Para (Alliot, M.; Avila, A., 2009) el proceso de producción de papel se desarrolla de acuerdo a las siguientes etapas:

- a) **Materia prima.** Se almacena en los patios de materias primas y se clasifica en dos tipos; fibra virgen y fibra reciclada, a su vez la fibra reciclada se subdivide en cinco tipos según su procedencia; archivo importado, archivo nacional, periódico, plastipulpa y merma. Las dos materias de archivos nacional e importado son fibras que combinan en mayor proporción fibra corta, y en menor medida fibra mecánica; la fibra que contiene el papel periódico es una materia prima rica en fibra mecánica que no es conveniente para la fabricación de papel familia blanco.

Por su parte la plastipulpa es una materia prima de buena calidad pero que en algunos casos viene con altas cargas de color.

- b) **El pulpeo.** Esta operación se realiza en el “pulper” que es un tanque de gran volumen que lleva un agitador en su interior, cuya función principal es desintegrar y mezclar el papel con agua para formar una pasta consistente y fluida. Con ello se separa la celulosa de los contaminantes comunes del papel reciclado, como metales plásticos, y otros.

Adicionalmente se agregan dos productos de vital importancia en el proceso, un tensoactivo, y dos productos que realizan el destintado y hacen la deslignificación, estos productos cumplen con la función de separar las fibras de la tinta y sintetizar la lignina, ayudando a la deslignificación; por su parte el tensoactivo entra en acción en el proceso de destintado, proceso que se profundizará más adelante.

c) **Limpieza de alta densidad.** A la salida del “pulper” la unidad conocida como pera hace la separación de los contaminantes más grandes, entre los que se encuentran plásticos, cartones y material metálico de tamaño apreciable.

Continúan las etapas de separación mecánica de contaminantes, para retirar sólidos pequeños de densidad mayor a la de la fibra, entre los que se encuentran principalmente ganchos y metales. La corriente de proceso pasa a un filtro horizontal en donde se hace la primera limpieza de gomas, debido a que representan un riesgo para el correcto funcionamiento de las etapas posteriores, lo que ocasiona obstrucciones a ciertas unidades y daños a la hoja de papel cuando se forma en la máquina de papel.

d) **Destintado.** La unidad de destintado es la unidad donde se hace la separación de la tinta de la pasta. Este proceso de flotación es una operación de separación basada en la flotación selectiva de las partículas de tinta como consecuencia de la diferencia entre sus propiedades físicas y fisicoquímicas de superficie y las fibras de celulosa. La flotabilidad de los materiales depende solamente de sus características superficiales y es independiente de la densidad de los mismos.

Para lograr la flotación selectiva de las partículas de tinta del resto de la suspensión, es necesaria la acción de un reactivo de flotación adicionado en el “pulper”, el cual es un compuesto químico tenso activo que se incorpora a la solución para ayudar a la aglomeración de las partículas, modificando las características de superficie de las mismas haciéndolas hidrofóbicas. Estos agentes son tensos activos que estabilizan la espuma para evitar que la tinta se incorpore de nuevo a la mezcla, disminuyen la tensión superficial del agua, mejoran la cinética de la interacción burbuja – partícula y

disminuyen el fenómeno de coalescencia de la espuma. Además, el agente espumante aumenta la afinidad en las partículas de tinta por las burbujas de aire, logrando así una suspensión de menor densidad que asciende y forma una capa de espuma sobre la superficie de la celda<sup>2</sup>. La separación de la tinta se logra haciendo circular pequeñas burbujas de aire en la fase líquida por la parte inferior del equipo, lo que permite una agitación constante de la suspensión. La celda retira la tinta y la espuma por medio de una salida en el interior de la unidad, enviando el rechazo hacia un tanque de lodos y evacuando la pasta por medio de unas bombas de succión.

### 1.3.1 DESTINTADO POR FLOTACIÓN

a) **Objetivo.** Remover tinta de las fibras minimizando impacto negativo sobre las fibras.

b) **Definición.** Un proceso en el cual los contaminantes son preferentemente removidos de una pasta por burbujas de aire.

El proceso de flotación se realiza en la celda MAC, que significa multi aireación cerrada, la misma que se compone de:

c) **Descripción de la celda mac**

\* Celda de flotación MAC, PP5-CD001

\* Bomba de alimentación de la 1ª aireación de la celda MAC, PP5-BP004.

\* Canister (fig 2) inyector de la 1ª aireación, PP5-INY001.

\* Bomba de alimentación de la 2ª aireación de la celda MAC, PP5-BP005.

\* Canister inyector de la 2ª aireación, PP5-INY002.

\* Bomba de alimentación de la 3ª aireación de la celda MAC, PP5-BP006.

\* Canister inyector de la 3ª aireación, PP5-INY003

\* Bomba de alimentación de la 4ª aireación de la celda MAC, PP5-BP007.

- \* Canister inyector de la 4<sup>a</sup> aireación, PP5-INY004.
- \* Bomba de alimentación de la 5<sup>a</sup> aireación de la celda MAC, PP5-BP008.
- \* Canister inyector de la 5<sup>a</sup> aireación, PP5-INY005.
- \* Caja de nivel constante, aceptado de la celda MAC, PP5-CN001.
- \* Tanque de lodos de flotación, PP5-TL001.
- \* Bomba de transferencia de lodos de flotación, PP5-BL001.

**d) Fases de la flotación.**

Una fase de aireación figura 1.2; durante la cual el aire es introducido por succión según el principio de un venturi en el 1.0-1,3% de consistencia de la pasta

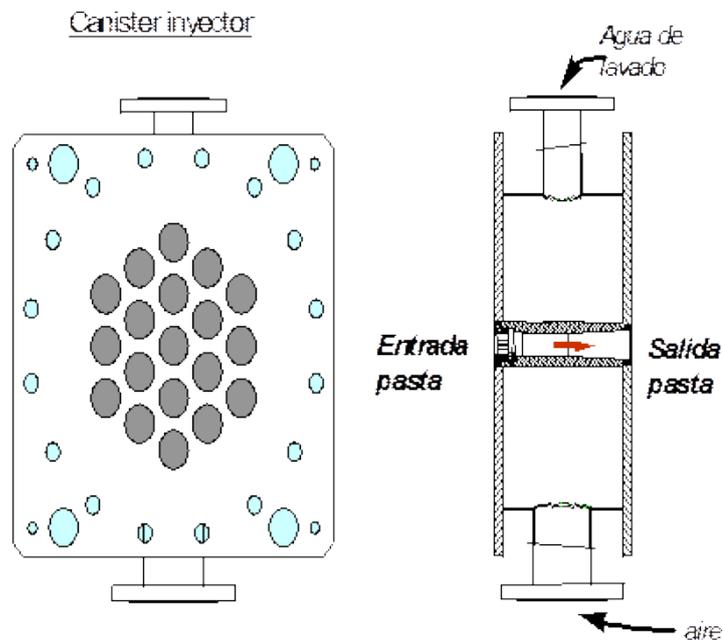


Figura 1. 2. Diagrama del Canister inyector

Fuente: Alliot, M & Avila, A. 2009

Aireación, se refiere a la introducción del aire en cantidad y forma correcta, dependiendo en la distribución de la medida de las burbujas y la consistencia de la pulpa hay un límite en la cantidad de aire el cual puede ser introducido en una suspensión de pulpa en el orden de guardar un movimiento suficientemente libre de las burbujas y la fibra.

Una fase de colección durante la cual la tinta o partículas a ser removidas son recolectadas por las burbujas de aire subiendo a través de la pasta.

Una fase de separación, durante la cual las burbujas de aire con las partículas recolectadas son separadas de la pasta.

**e) Proceso de destintado por flotación.**

La pasta es bombeada a través del primer inyector de aireación a la primera celda, dispuesta en la parte alta de la celda MAC figura 1.3; La pasta aceptada de la primera celda es bombeada a través del segundo inyector de aireación, hasta que la última celda recibe los aceptados para una caja de nivel constante (Alliot, M.; Avila, A., 2009)

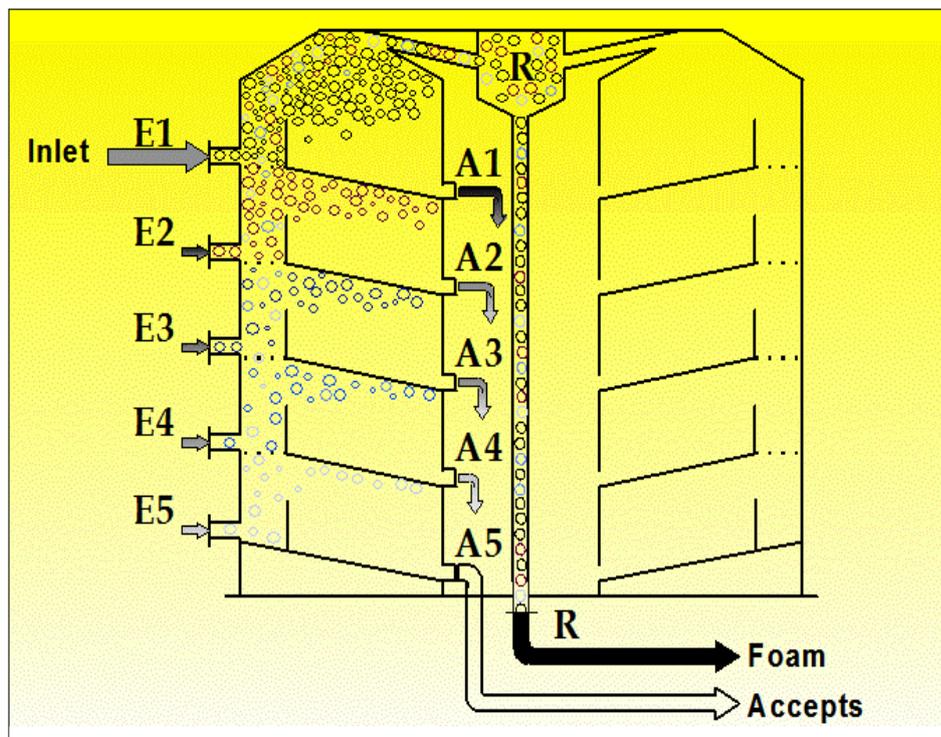


Figura 1. 3. Celda de flotación

Fuente: Alliot, M & Avila, A. 2009

#### **1.4 Sistema de Gestión de Energía.**

Los sistemas de Gestión de Energía SGE figura 1.4 según (Peña & Galo, 2013), no son nuevos en el mundo y han demostrado ser una alternativa para lograr la sostenibilidad de las Empresas, al permitir que grupos multidisciplinarios se apropien de conocimientos y herramientas necesarias para la aplicación de un proceso continuo de mejora basada en metas renovables actuando y verificando aquellas variables fundamentales de los procesos que alteran el uso y consumo energético.

Hacer Gestión Energética significa tener control sobre las acciones de orden técnico, de comportamiento y de organización que incide económicamente en el uso y consumo de la energía al interior de la empresa; significa realizar planificación, ejecución, validación y actuar (PHVA).

La alta dirección de la empresa cumple un rol fundamental en la construcción, implementación y mantenimiento del SGE, pues si no están convencidos que es parte de la sostenibilidad de las empresas; no se podrá realizar ningún proyecto por falta de capital de inversión.

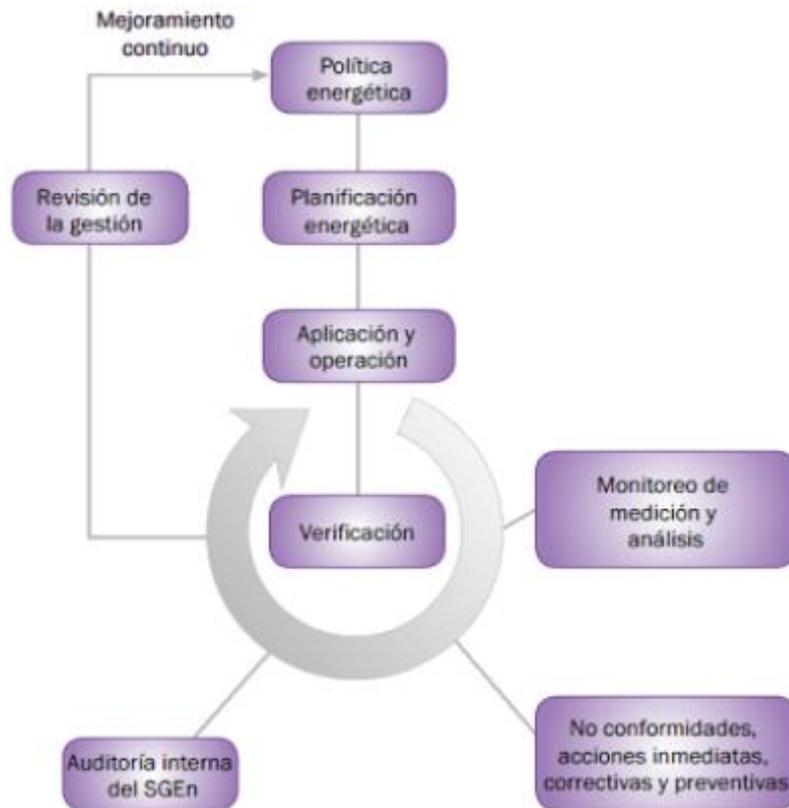


Figura 1. 4. Sistema de gestión de energía

Fuente: (Peña & Galo, 2013)

### 1.3.2 Control de flujo variando velocidad

Para (Peña & Galo, 2013) “Use como control de flujo la variación de velocidad de la bomba, será la mejor opción desde el punto de vista del consumo energético”.

Para (Peralta, 2015) “La demanda del torque figura 1.5 de la aplicación varia próximamente de forma cuadrática con respecto a la velocidad del motor: bajas velocidades implicarán muy bajo torque y un bajísimo consumo de energía. Mayores velocidades, implicará mayor torque y consumo de energía cercano al de placa del motor. Ejemplos prácticos son los ventiladores, bombas y compresores centrífugos.

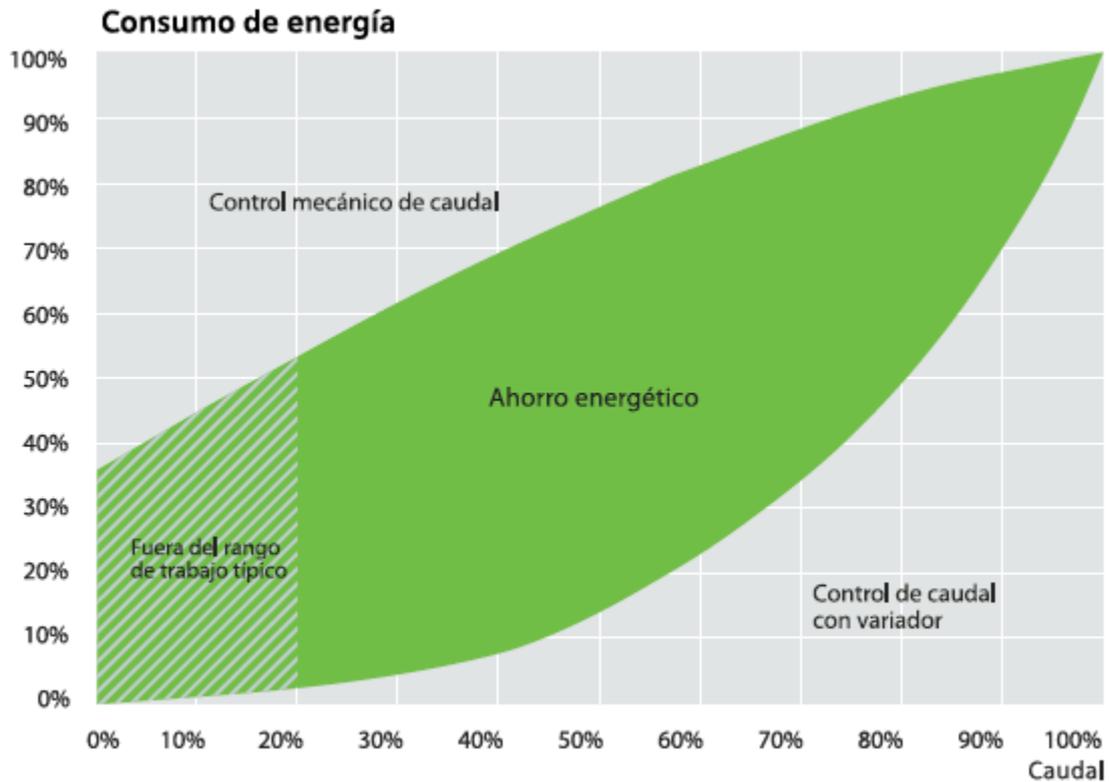


Figura 1. 5. Control mecánico vs Control con variador

Fuente: Siemens

En estos casos el variador de velocidad ofrece grandes oportunidades de ahorro de energía (entre el 30% y el 70%) pues los requerimientos de consumo de potencia y por tanto de energía disminuyen conforme lo hace la velocidad del motor.

Para (Navarro, 2006) : El control de flujo por válvulas figura 1.6 se caracterizan siempre por:

- ✓ Las bombas trabajan siempre a velocidades máximas.
- ✓ Se reduce la sección transversal del conducto o tubería.
- ✓ Se incrementa la presión al disminuir el diámetro de paso.
- ✓ Problemas de calentamiento del fluido.
- ✓ Cavitación, turbulencias

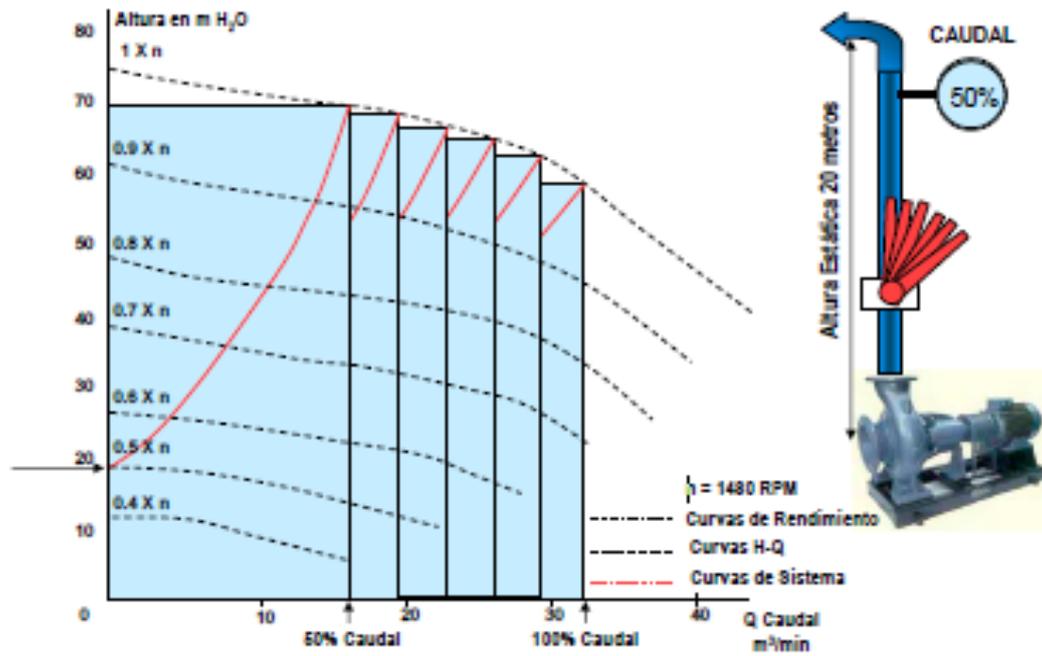


Figura 1. 6. Control de válvula.

Fuente: (Navarro, 2006)

Para el control de flujo con variadores figura 1.7; según (Navarro, 2006) menciona:

- Permiten mantener aquellos parámetros que deben ser controlados.
- Reducción de la potencia absorbida por el motor.
- Compensación de la potencia absorbida por el motor.
- Reducción de los fallos eléctricos y mecánicos.
- Reducción de los costos de la obra civil en los sistemas de bombeo.

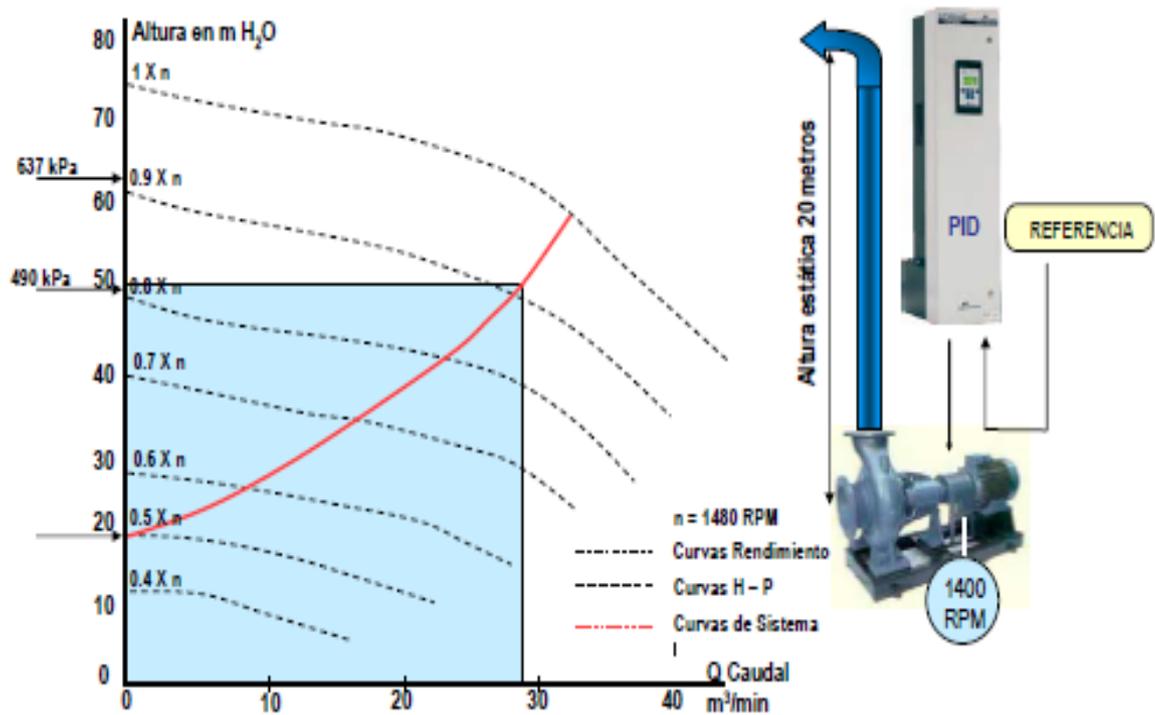


Figura 1. 7. Control con variador de velocidad

Fuente: (Navarro, 2006)

### 1.5 Antecedentes de estudio.

“ESTUDIO PARA LA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN DE LOS FINALES DE LÍNEA DE LA PLANTA DRESSING EN LA EMPRESA UNILEVER ANDINA COLOMBIA LTDA.” (Peña L. , 2007).

En el 2007 el autor menciona que desarrollo de este tipo de monografía enseña a conocer de una forma más a fondo los impactos de las diferentes variables que componen el costo de producción, y cómo influyen estas en la decisión de seleccionar el tipo de automatización a escoger. Como ya se mencionó en varias ocasiones la automatización mejora los procesos y en la actualidad también se le debe enfocar su utilidad al ahorro de energía para la sostenibilidad de las empresas.

“CÓMO JUSTIFICAR PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN” (Velazques, 2011)

El artículo trata sobre el desarrollo de un proyecto de automatización, se muestran aspectos importantes para su justificación económica, a fin de conocer los ahorros que pueden darse en distintas áreas de la empresa como es seguridad, calidad, mercadeo y logística.

“BUENAS PRACTICAS DE ENERGIA TISSUE MANUFACTURING”. (Naranjo, 2013)

Naranjo menciona que el control del costo de la energía es una estrategia importante para mejorar la rentabilidad de las empresas”.

“AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE BOMBEO” (Martinez, 2010)

La revista menciona que es importante conocer las condiciones de operación de la bomba para poder establecer las oportunidades de ahorro que puedan aplicarse, como pueden ser:

Recorte de impulsor de la bomba para mejorar su punto de operación.

Sustitución por una bomba de mayor eficiencia (o un arreglo de bombas).

Aplicación de convertidor de frecuencia en el sistema de bombeo.

Disminución de pérdidas en el sistema de bombeo.

Instalación de equipos de control.

Administración del Bombeo y Aprovechamiento de tarifas horarias.

Eliminar la operación de la bomba con cavitación.

### **1.5 Fundamentación legal.**

Mediante Acuerdo Ministerial No. 035, publicado en el Registro Oficial No. 518 de 30 de enero del 2009, el señor Ministro de Electricidad y Energía Renovable, estableció las siguientes políticas:

- a) “Recuperar para el Estado la rectoría y la planificación del sector energético;
  
- b) Fortalecer las relaciones entre el Estado y las comunidades;
  
- e) Impulsar un modelo de desarrollo energético con tecnologías ambientalmente amigables;
  
- d) Formular y llevar adelante un Plan Energético Nacional, que defina la expansión optimizada del sector en el marco de un desarrollo sostenible;
  
- e) Promover alianzas estratégicas entre los sectores público y privado nacional y extranjero, para el desarrollo de proyectos energéticos en un ambiente de seguridad jurídica;
  
- f) Promover el desarrollo sustentable de los recursos energéticos e impulsar proyectos con fuentes de generación renovable (hidroeléctrica, geotérmica, solar, eólica) y de nueva generación eléctrica eficiente, incluyendo la nuclear, excluyendo la generación con base en el uso del diésel;
  
- g) Otorgar por parte del estado las garantías requeridas para el pago de la energía generada y la recibida por las empresas eléctricas de distribución o buscar los mejores mecanismos de pago;
  
- h) Fortalecer la expansión del sistema nacional interconectado y el desarrollo técnico del sector eléctrico regional, a través del consecuente incremento de inversiones, reducción de costos de generación y mayor intercambio de electricidad entre los países de la región;

i) Fortalecer el Sistema Nacional de Transmisión de manera que permita evacuar la energía de centrales de generación y satisfacer los requerimientos de las empresas eléctricas de distribución, en condiciones de calidad, continuidad y seguridad;

j) Fortalecer las instituciones estatales del sector energético:

k) Promover la constitución de empresas de distribución de energía eléctrica proactivas eficientes y competitivas, guiadas por los principios de economía solidaria, manteniendo el principio de servicio público;

l) Implementar tecnologías de uso eficiente de la energía, desarrollar planes de reducción de pérdidas y promover el uso racional y eficiente de la energía en la población;

m) Promover la creación y consolidación de empresas de servicios energéticos como vehículo para llegar a los consumidores y lograr que implementen proyectos de eficiencia energética.

n) Reducir el consumo de combustible en el transporte mediante la sustitución por gas natural comprimido - GNC, electricidad y la introducción de tecnologías híbridas.”

En la actualidad el gobierno con el cambio de la matriz energética promueve los proyectos de ahorro de energía y energías renovables; como se puede observar en todos los artículos del Acuerdo Ministerial No. 035.

## **CAPITULO 2: METODOLOGIA**

El enfoque investigativo, son procesos lógicos y rigurosos, que tiene como objeto definir la manera que se recolectarán los datos y se analizarán, para obtener conocimientos de determinados aspectos y seleccionar los métodos más apropiados para la solución de los problemas asociados a el diagnóstico del sistema de flotación.

### **2.1 Modalidad de la investigación**

Las investigaciones apropiadas para el desarrollo de este proyecto fueron los siguientes:

**Bibliográfica.** - “Se puede tener una introducción a cualquiera de las otras investigaciones, constituye una de las primeras etapas de todas ellas, entrega información a las ya existentes como las teorías, resultados, instrumentos y técnicas usadas”. (Hernan, 2009)

El proyecto contiene información obtenida de fuentes bibliográficas actualizadas y fiables; catálogos de fabricantes.

**De campo.** - “Es el proceso que, utilizando el método científico, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social. (Investigación pura), o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos (investigación aplicada)”. (Hernández, 2011).

La mayor parte de la investigación se realizó donde se producen los hechos para obtener información confiable y confrontarlo con la realidad técnica

**De experimental.** - “Se ha ideado con el propósito de determinar, con la mayor confiabilidad posible, relaciones de causa-efecto, para lo cual uno o más grupos, llamados experimentales,

se exponen a los estímulos experimentales y los comportamientos resultantes se comparan con los comportamientos de ese u otros grupos, llamados de control, que no reciben el tratamiento o estímulo experimental.” (Vich, 2011)

La experimentación de la variable independiente permitirá observar los efectos en la variable dependiente. El propósito es precisar la relación causa- efecto.

## 2.2 Descripción del objetivo de estudio.

En la planta de preparación de pasta existen varios sistemas de bombeo sin embargo concentraremos el estudio en el sistema por flotación figura 1.2 por su gran consumo de energía (3500kw/mes).

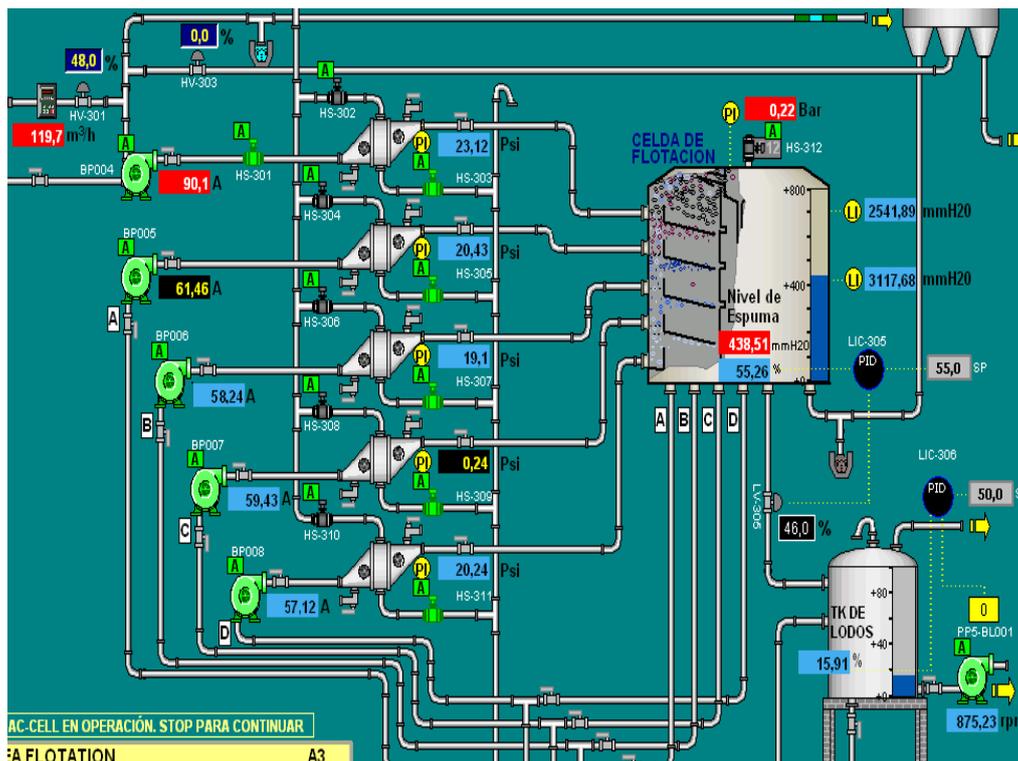


Figura 2. 1. Sistema de flotación

Fuente: Familia

### 2.2.1 Área de flotación PP5 Grupo Familia.

Con la investigación bibliográfica del proceso de flotación basaremos el estudio para registrar, analizar e interpretar la composición actual del sistema.

- El proceso de flotación en la empresa Grupo Familia se realiza en la celda MAC, que significa multi aireación cerrada, proceso en el cual las partículas de tinta son removidas de la fibra por atrapamiento de las burbujas de aire. La eficiencia de la flotación se determina a partir de:
- Característica de los contaminantes
- Proceso de pulpeo o desintegración.
- Químicos adicionados en la etapa de pulpeo.
- Flujo de aire alimentado para obtener un tamaño de burbuja adecuado.
- Tamaño de las burbujas.
- Condiciones de proceso (Flujo, presión y consistencia de entrada).

### **2.2.2 Fases de la flotación.**

- **Aireación**, se refiere a la introducción del aire en cantidad y forma correcta, dependiendo en la distribución de la medida de las burbujas y la consistencia de la pulpa hay un límite en la cantidad de aire el cual puede ser introducido en una suspensión de pulpa en el orden de guardar un movimiento suficientemente libre de las burbujas y la fibra.

- **Una fase de colección** durante la cual la tinta o partículas hacen removiditas son recolectadas por las burbujas de aire subiendo a través de la pasta.
- **Una fase de separación**, durante la cual las burbujas de aire con las partículas recolectadas son separadas de la pasta.

### 2.3 Principio de operación

El proceso de papel (Alliot, M.; Avila, A., 2009) conlleva varias etapas hasta llegar a su distribución; sin embargo, explicamos lo más resumido las etapas hasta llegar a la figura 2.2 del sistema de flotación producto de esta investigación.

Comenzamos con la etapa de pulpeo donde se realiza el proceso de desintegración de fibras (papel reciclado) y la adición de productos químicos como la enzima destintante, la enzima deslignificante y el surfactante, su acción en conjunto permite liberar las partículas de tinta para su posterior remoción.

La celda de destintado presenta un conjunto de canister constituidos por un grupo de inyectoras que facilitan la formación de burbujas por medio de la absorción de aire proveniente de la atmósfera, esta absorción se da gracias al efecto de venturi.

El flujo ingresa tangencialmente por la parte superior de la celda después de haber sido aireada. Una vez en la celda las partículas de aire recolectan las partículas de tinta, se elevan hasta la parte superior de la celda creando un colchón de espuma que es evacuado por la parte central debido a la presurización de la celda.

El flujo de pulpa aceptada pasa a la cámara de aceptados y es bombeado de nuevo a la celda este proceso se repite de igual forma cinco veces.

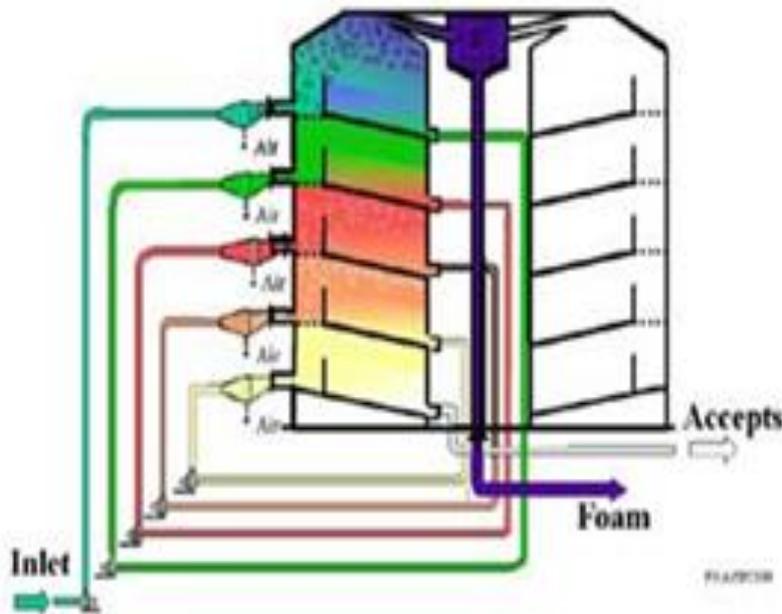


Figura 2. 2. Sistema de flotación

Fuente. Kadant

### 2.3 Eficiencia de la flotación

Para que el sistema de flotación funcione (Alliot, M.; Avila, A., 2009) correctamente y con la mayor eficiencia debemos tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

- La eficiencia de la flotación depende de algunos parámetros como son: Tamaño de la burbuja, tamaño y cantidad de partículas a ser eliminadas.
- La medida de las burbujas depende de la turbulencia en la zona de aireación. Burbujas más pequeñas son creadas a una alta turbulencia y a una alta velocidad en el inyector.
- Cuando la presión de aire es disminuida en la alimentación se forman burbujas más pequeñas.

- Burbujas entre 1 – 2 mm son consideradas pequeñas y 3 – 5 mm para burbujas grandes.
- Burbujas pequeñas muestran ser más efectivas que las burbujas grandes.

El actual proceso de estrangulamiento de las válvulas permite controlar la presión de entrada de la celda para obtener burbujas más pequeñas encontrando un punto óptimo de 20psi para la mejor eficiencia; la figura 2.3 ilustra el sistema de bombeo del área de flotación de la empresa Grupo Familia.



Figura 2. 3. Sistema de bombeo del área de flotación

Fuente. Investigador

## 2.4 Diagrama de proceso del sistema por flotación.

El diagrama PI&D figura 2.4 del sistema de flotación (ver anexo 4 para mejor visualización) muestra las válvulas que actualmente se encuentran estranguladas para lograr obtener la mayor eficiencia de la celda.

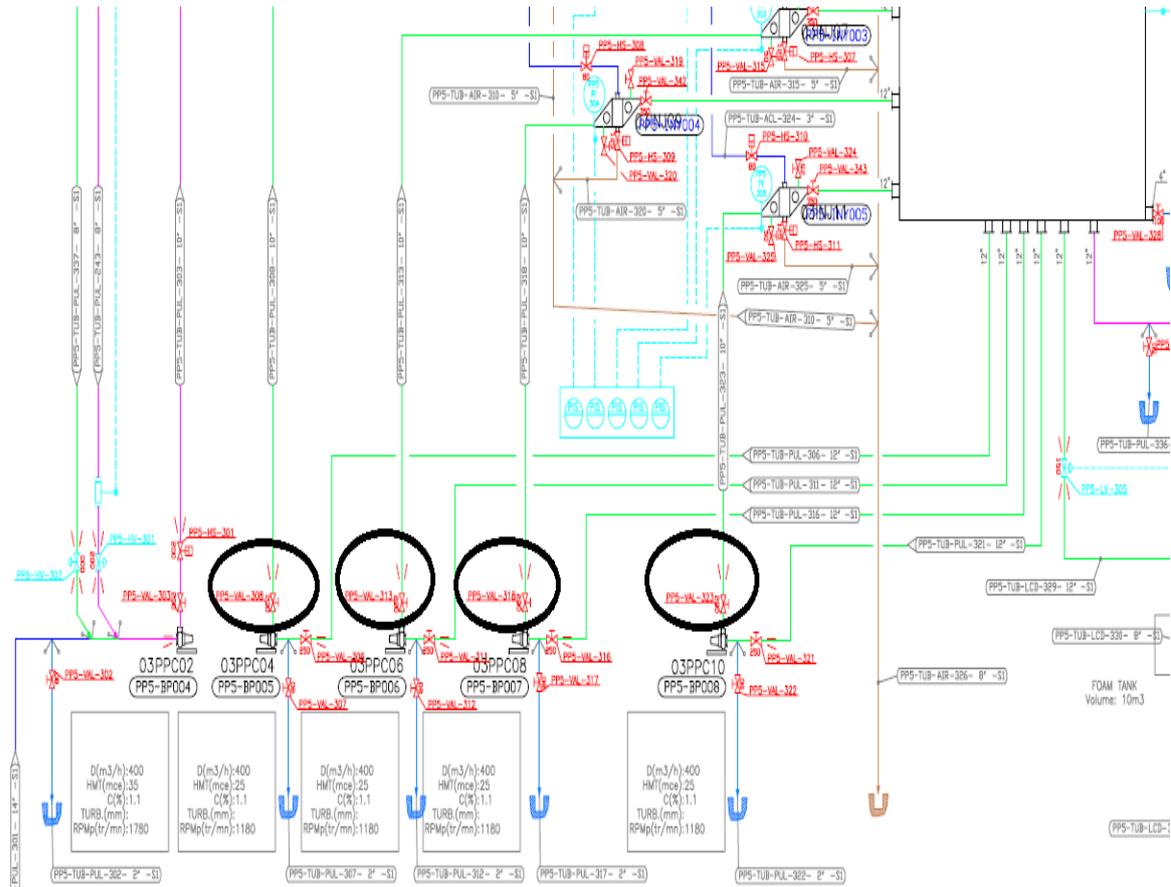


Figura 2. 4. PI&D Área de flotación

Fuente: Kadant

En conclusión, la eficiencia del sistema de bombeo del proceso de destintado por flotación en la planta PP5 depende del control de la presión de inyección a la celda mac: para esto se define como variables, las siguientes:

**Independiente:**

Automatización del proceso de destintado por flotación

**Dependiente:**

Sobreconsumo energético

**2. 5 Matriz de operacionalización de variables**

Con la ayuda el análisis causa efecto obtenemos la operacionalización de variables.

**CAUSA: (Variable Independiente):** Automatización de los sistemas de flotación de PP5.

Tabla 2. 1. Operacionalización de variable independiente

Realizado por: Tacán, Juan

CONCEPTO	CATEGORIA	INDICADORES	ITEM	TECNICAS	INSTRUMENTOS
La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.	Equipos de control	Potencia de drives	kw	Medicion	Multimetro
		Potencia de bombas	kw	Medicion	Multimetro
	Variables de proceso	Peso de papel	gr	Medicion	QCS
		Blancura de papel	grado	Comparacion	Patrones
	Calidad de energia	Corriente	A	Medicion	Analizador de red
		Frecuencia	Hz	Medicion	Analizador de red
Voltaje		V	Medicion	Analizador de red	

**EFEECTO: (Variable Dependiente):** Sobreconsumo energético.

Tabla 2. 2. Operacionalización de variable dependiente

Realizado por: Tacán, Juan

CONCEPTO	CATEGORIA	INDICADORES	ITEM	TECNICAS	INSTRUMENTOS
La eficiencia energética es una práctica que tiene como objeto reducir el	Eficiencia	Planilla energetica	kWh	Medicion	Medidor subestacion Mulalo
	energetica	Indicador de energia	kWh/ton	Medicion	Medidor subestacion Molinos

## 2.5 Expresiones que determinan un sistema de bombeo.

Las Bombas centrífugas también llamadas Roto dinámicas, son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. Una bomba centrífuga es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga.

### La cabeza de una bomba.

Según (Confipetrol, 2009) la energía proporcionada por una bomba a un sistema se expresa como la cabeza equivalente del líquido que está siendo bombeado y se conoce como la cabeza total de la bomba. La cabeza total es la diferencia entre la cabeza de energía total a la salida y la cabeza de energía total a la entrada. Por ejemplo, para la figura 2.5 se tiene

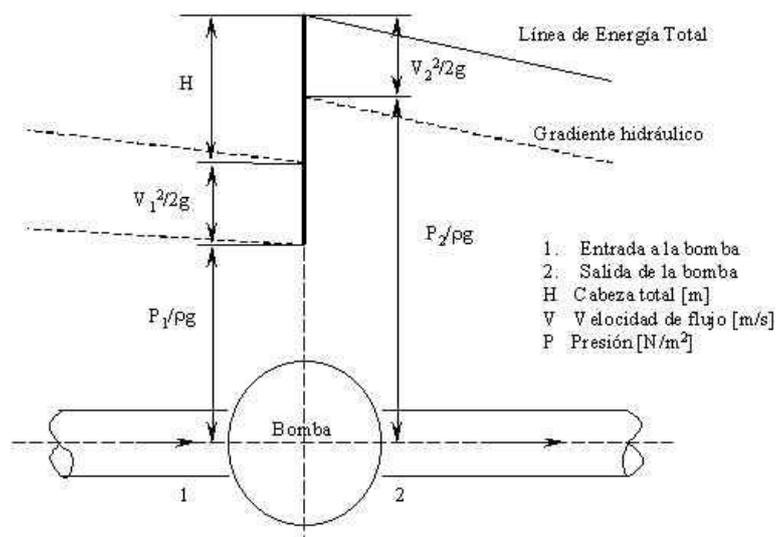


Figura 2. 5. Cabeza total de una bomba

Fuente: (Confipetrol, 2009)

$$H = \left( \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} \right) - \left( \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

$$H = \left( \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} \right) + \left( \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right)$$

Si la diferencia entre las cabezas de velocidad a la entrada y la salida es despreciada,

$$H = \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g}$$

La cabeza y la presión se relaciona por medio de la siguiente formula:

$\text{Cabeza} = \frac{\text{Presión} \times 2.31}{\text{Gravedad Específica}}$
---

ó

$H = \frac{p \cdot 2.31}{SG}$
-------------------------------

## 2.7 Método alternativo para determinar la eficiencia de la bomba

En caso de no contar con las curvas características de la bomba, se puede determinar la eficiencia de la bomba mediante el siguiente procedimiento (Campos, 2002):

1. Determinar la potencia demandada por la bomba o la entregada por el motor, mediante la ecuación:

$$\text{Potencia Demandada por la Bomba (hp o kW)} = \text{Potencia del motor (medida)} \times \eta_{\text{motor}}$$

2. Establecer la potencia hidráulica de la bomba mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia hidr\u00e1ulica (kW)} = \frac{\rho g Q H}{1,000 \text{ W/kW}}$$

donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

H: carga total (m)

$\rho$ : densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

g: aceleraci\u00f3n de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

De tal manera que la eficiencia de la bomba queda definida como:

Potencia Demandada por la Bomba 1,000 W/kW

$$\eta_{\text{Bomba}} (\%) = \frac{\rho g Q H}{\text{Potencia Demandada por la Bomba} \times 1,000 \text{ W/kW}}$$

Si se conoce la eficiencia de la bomba y la potencia hidr\u00e1ulica se puede determinar la potencia requerida por la bomba o la entregada por el motor, mediante la ecuaci\u00f3n:

$$\text{Potencia Demandada por la Bomba (kW)} = \frac{\rho g Q H}{\eta_{\text{Bomba}} \times 1,000 \text{ W/kW}}$$

Si se conoce la potencia requerida por la bomba y la eficiencia del motor, se puede determinar la potencia requerida (kW) por el conjunto bomba-motor con la ecuaci\u00f3n:

$$\text{Potencia Requerida (kW)} = \frac{\text{Potencia Demandada por la Bomba}}{\eta_{\text{Motor}}}$$

## 2.8 T\u00e9cnicas experimentales utilizadas e Instrumentos.

Las t\u00e9cnicas constituyen el conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fen\u00f3menos sobre los cuales se investigan.

**La Observación.** - (Ferrer, 2002) “Según es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación”.

Los resultados del estudio se obtuvieron de la observación directa en el campo mediante la obtención de datos, donde se determinaron los parámetros ideales de operación y el consumo de energía necesario para el sistema.

Estos resultados se obtienen mediante los instrumentos y equipos que lo detallamos en la tabla 2.3

Tabla 2. 3. Equipos e instrumentos utilizados en la observación de campo

Realizo por: Tacán, Juan

VARIABLE	EQUIPO	MARCA	DESCRIPCION	FOTOGRAFIA
Proceso	Manómetro patrón	Instrutek	Equipo que permite medir la presión de la línea de bombeo.	
Eléctricos	Analizador de energía	Fluke	Equipo que permite medir las variables corrientes, voltaje, potencia	
Calidad	QCS Sistema de control de calidad	Voith	Equipo que permite medir las variables de peso y blancura del papel	

## 2.9 Sistema de adquisición de datos.

En la investigación de los parámetros de presión y potencia se analizó la instalación del sistema de bombeo por flotación de la planta de preparación de pasta, la misma está dotada de equipos y accesorios que permiten mayor calidad en el registro y control de las variables y su procesamiento posterior, mediante el programa de control descentralizado DCS PCS-7 de Siemens (figura 2.6)

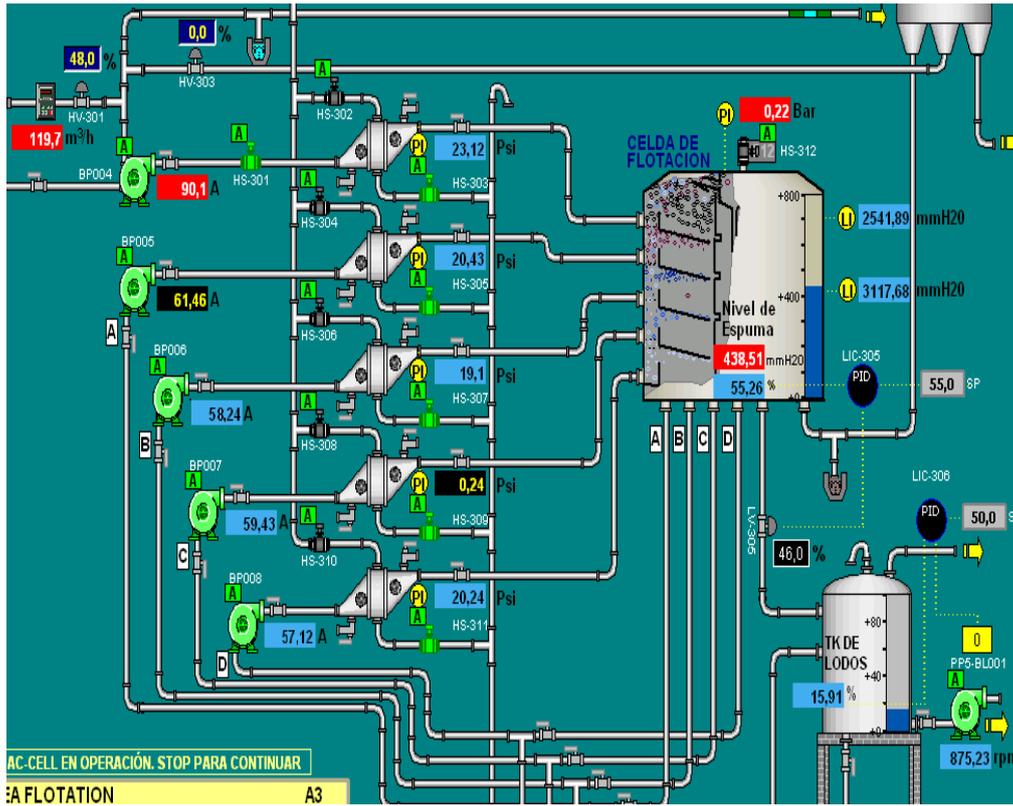


Figura 2. 6. Sistema DCS  
Fuente: Grupo Familia

## **CAPITULO 3: RESULTADOS DE LA INVESTIGACION**

Una vez registrados y analizados la fiabilidad de los datos obtenidos con los diferentes equipos e instrumentos; diagnosticamos y caracterizamos los procesos obteniendo los resultados esperados.

### **3.1 Diagnóstico eléctrico del sistema eléctrico del área por flotación.**

El término diagnóstico es asociado comúnmente con el área médica, definiéndose como un conjunto de signos o síntomas particulares de una enfermedad, a partir de los cuales el médico toma las medidas necesarias para combatir los agentes que la causaron. De manera análoga el “diagnóstico energético” efectúa una serie de técnicas de exploración y evaluación que permiten determinar el grado de eficiencia/deficiencia que tiene una empresa o planta en nuestro caso. Tiene como base la identificación del consumo energético, que puede definirse como la respuesta a la pregunta ¿Cómo, ¿dónde y cuánta energía es empleada o desperdiciada?

### **3.2 Caracterización del sistema y consumo actual de energía.**

La Pasta que viene desde la caja de nivel constante PP5-CN001 es enviada a la celda de flotación MAC por la alimentación de la Primera bomba de aeración PP5-BP004, esta bomba alimenta al inyector PP5-INY001 de la primera fase de la celda, a la presión de 20 psi requerida para asegurar la succión de aire y la mezcla de las burbujas en la pasta.

La alimentación del segundo inyector PP5-INY002, por la segunda bomba de aireación PP5-BP005. La válvula manual de descarga de la bomba permite ajustar la presión de entrada del segundo inyector de aireación.

En forma similar se da con los PP5-INY003, PP5.INY004 y PP5-INY005.

El flujo a través de los inyectores es puesto por la presión de entrada (20psi) requerida para su funcionamiento apropiado, el flujo a través de la celda es estable.

La tabla 2.1 tenemos las características de motores y bombas del sistema de flotación indicando la magnitud del sistema.

Tabla 3. 1. Características de motor y bomba PP5-BP006

Realizado por: Tacán, Juan

NOMBRE		BOMBA DE PASTA	CODIGO	PP5-BP006	UBICACIÓN TECNICA	PP5
BOMBA	TIPO DE FLUIDO	PASTA	DIÁMETRO DEL EJE		TUERCA	KM14
	INSTALADO EN	PP5	RODAMIENTO L/A	7314 BECB	DIÁMETRO DE SUCCIÓN	10"
	MARCA	SULZER	RODAMIENTO L/I	NUP313 EC	DIÁMETRO DE DESCARGA	8"
	IMPELER		SELLO	HIDRODINAMICO	LUBRICANTE	ACEITE DTE26
	MODELO	APP 44-200	ESTOPA		OTROS	
	SERIE	0 1149482	ACCIONADO POR	ACOPLE		
	CAUDAL	111 L/S	ACOPLE	REX OMEGA ES40		
	H.	25 m				
	R.P.M.	1180				
MOTOR	MARCA	SIEMENS	TIPO	1LA6 253-6AA60-Z	POTENCIA	<b>44,5 KW</b>
	VOLTAJE	460 V	AMPERAJE	72 A	ACOPLE	REX OMEGA ES40
	FRECUENCIA	60 HZ	R.P.M.	1180	IP	55
	RODAMIENTO L/A		CÓDIGO DEL DEPT. ELECT.		OTROS	
	RODAMIENTO L/V					
	LUBRICANTE					

### 3.3 Toma de información en campo.

Mediante la técnica de campo utilizando el sistema scada figura 2.4; un analizador de energía fluke 430 figura 3.1; se realiza el monitoreo del sistema energético eléctrico.

- En el sistema Scada del sistema de flotación Figura 2.4 en su programación tiene históricos del valor de amperaje de cada uno de los motores.

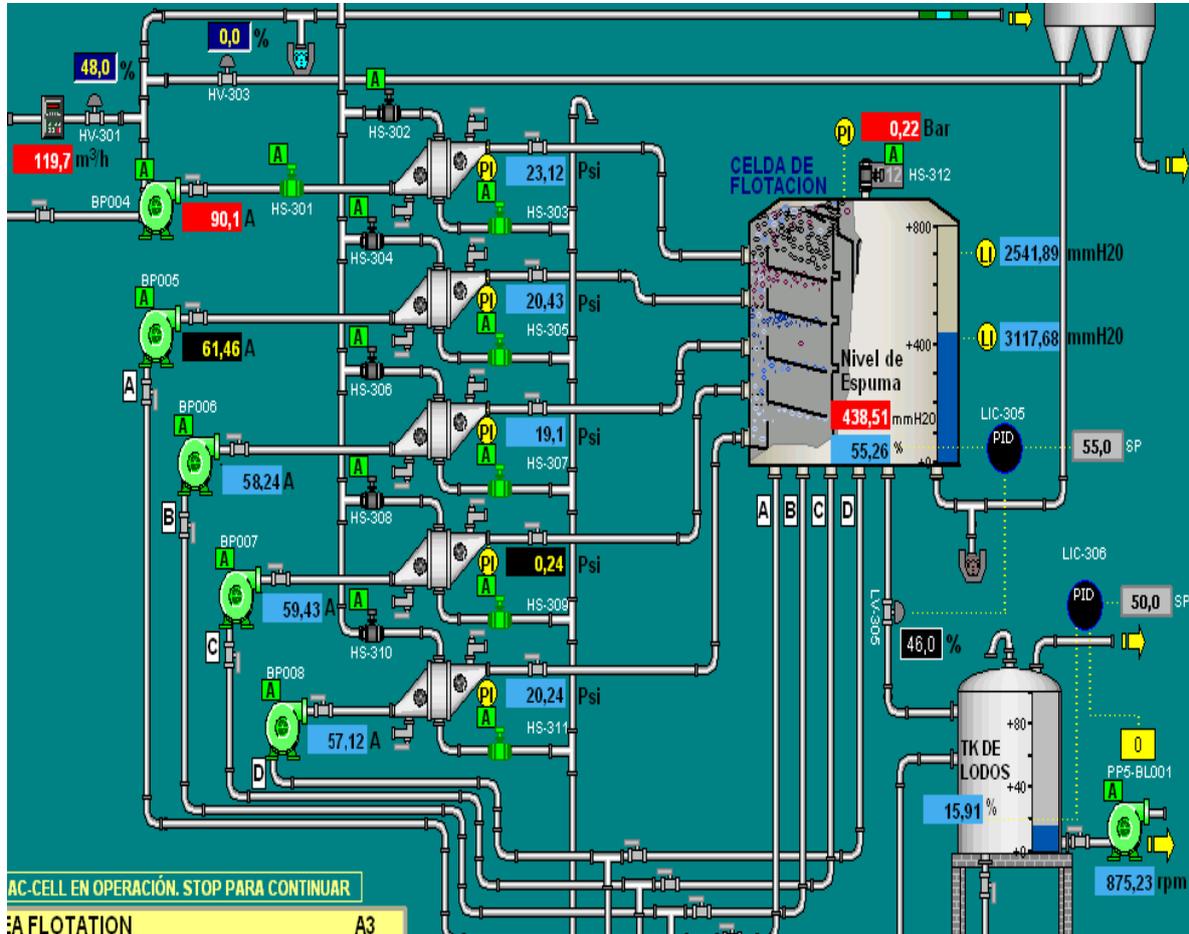


Figura 3. 1. Sistema Scada del sistema de flotación Grupo Familia

Fuente. Grupo Familia.

- El medidor fluke 430 figura 3.2 lo instalamos en cada uno de los arrancadores directos figura 3.3 para comparar la medida del scada, en la figura 3.4 la tendencia de amperaje obtenida del medidor colocado en uno de los motores del inyector así como la potencia consumida en la figura 3.5.



Figura 3. 2. Fluke 430

Fuente. Manual Fluke.

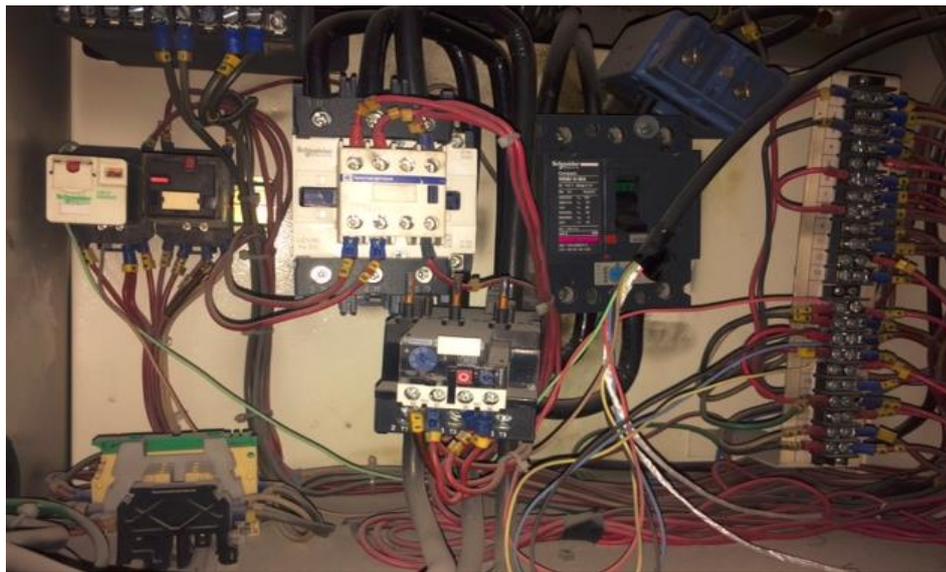


Figura 3. 3. Arrancador directo PP5-BP006

Fuente. Grupo Familia

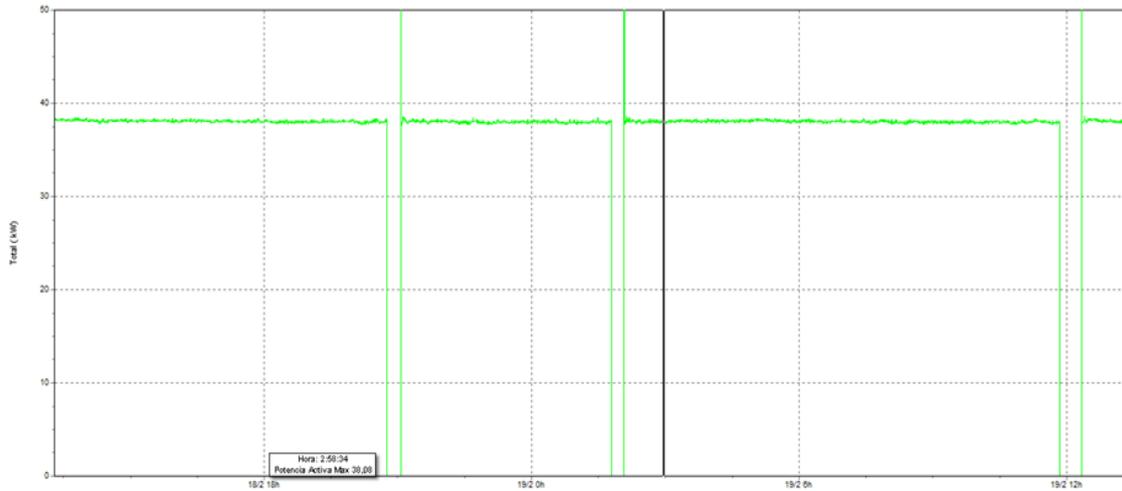


Figura 3. 4. Tendencia de potencia PP5-BP006

Fuente. Tacán, Juan

1. Potencia placa motor: 44.5Kw
2. Potencia máxima medida: 40Kw
3. Presión de salida del inyector 20.3psi

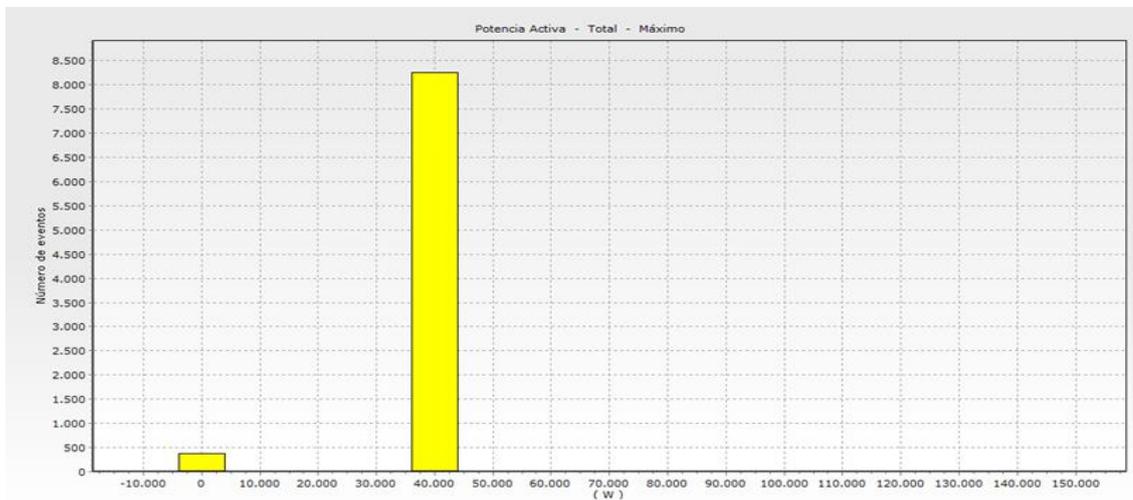


Figura 3. 5. Potencia consumida PP5-BP006

Fuente. Tacán, Juan

Determinamos la tabla 3.2 de consumo del mes de enero a junio del 2015 utilizando los valores del historial del sistema scada, previamente contrastada con el analizador de energía; con la fórmula para de potencia por amperaje y voltaje; obtenemos la tendencia de consumo

indicada en la figura 3.6, los datos específicos para la optención de esta tabla se indica en el anexo 6.

$$kW = ((I \times E \times F.P \times 1.73) / 1000)$$

Tabla 3. 2. Consumo energético del área de flotación

Realizado por: Tacán, Juan.

	<b>ENERO</b> kwh/mes	<b>FEBRERO</b> kwh/mes	<b>MARZO</b> kwh/mes	<b>ABRIL</b> kwh/mes	<b>MAYO</b> kwh/mes	<b>JUNIO</b> kwh/mes
<b>INYECTOR 1</b> <b>PPP5-BP005</b>	27147	27197	27247	27012	27062	27092
<b>INYECTOR 2</b> <b>PPP5-BP006</b>	26702	26652	26802	27037	27087	27187
<b>INYECTOR 4</b> <b>PPP5-BP007</b>	26479	26629	26679	26914	26864	26734
<b>INYECTOR 5</b> <b>PPP5-BP008</b>	27369	27419	27219	26984	27034	27004
<b>TOTAL</b>	<b>107697</b>	<b>107897</b>	<b>107947</b>	<b>107947</b>	<b>108047</b>	<b>108017</b>

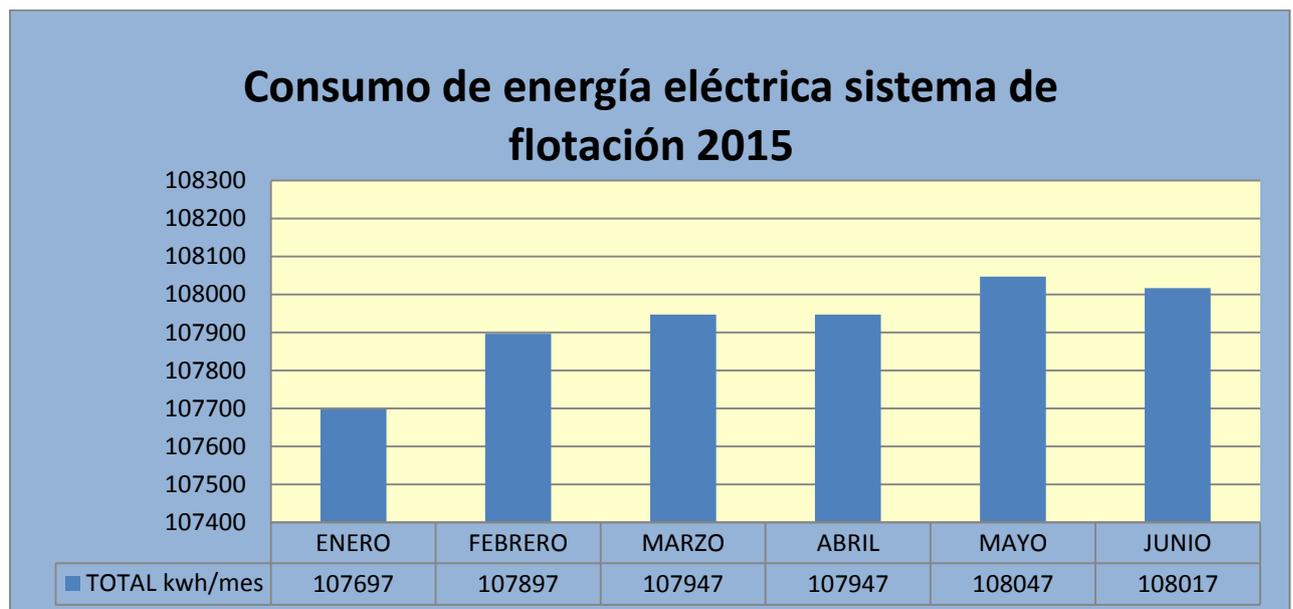


Figura 3. 6. Tendencia consumo de energía del área de flotación

Fuente. Tacán, Juan.

Los datos obtenidos corresponden al control actual que deriva de la manipulación de las válvulas manuales de cada inyector en la figura 3.7 la válvula de salida de la bomba está restringida para controlar la presión necesaria exigida por el proceso.



Figura 3. 7. Válvula estrangulada a la salida de una bomba

Fuente. Grupo Familia.

### 3.4 Análisis de la pérdida de la energía.

Luego de conocer el proceso de flotación, el requerimiento de mejor eficiencia es tener una presión de 20psi para obtener burbujas entre 1 – 2 mm consideradas pequeñas.

De acuerdo a los datos de la bomba tenemos.

H=25m

$$H = \frac{p * 2.31}{SG}$$

H=altura (pies)

p=presión (psi)

SG= Gravedad específica del fluido.

Dónde:

H= 82,021 pies

P= ??

SG=1 (tomando como referencia el agua dulce)

$$p = \frac{H * SG}{2,31}$$

$$p = \frac{82,021}{2,31}$$

$$p = 35,50psi$$

La razón por la cual se debe restringir la válvula para obtener los 20psi necesarios para el óptimo trabajo de la celda, la figura 3.8 demuestra que esta mala práctica operativa genera una pérdida de energía cuando compara un control mecánico (válvula) vs un control con variadores.

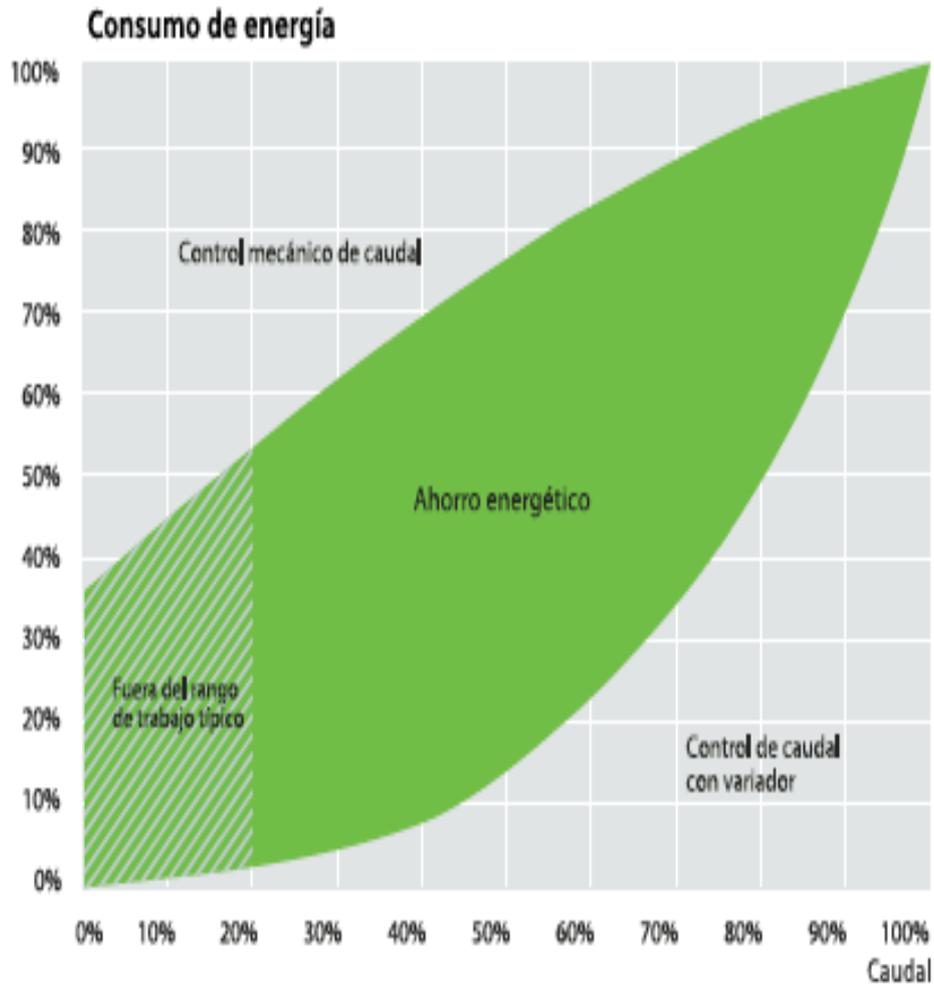


Figura 3. 8. Control mecánico vs control con variador

Fuente: Siemens

Este método de control de caudal figura 3.9 es muy antiguo, frecuentemente usado pero muy deficiente. Consiste en modular la posición de la válvula a la descarga de la bomba para incrementar o disminuir pérdidas y así poder entregar el caudal deseado.

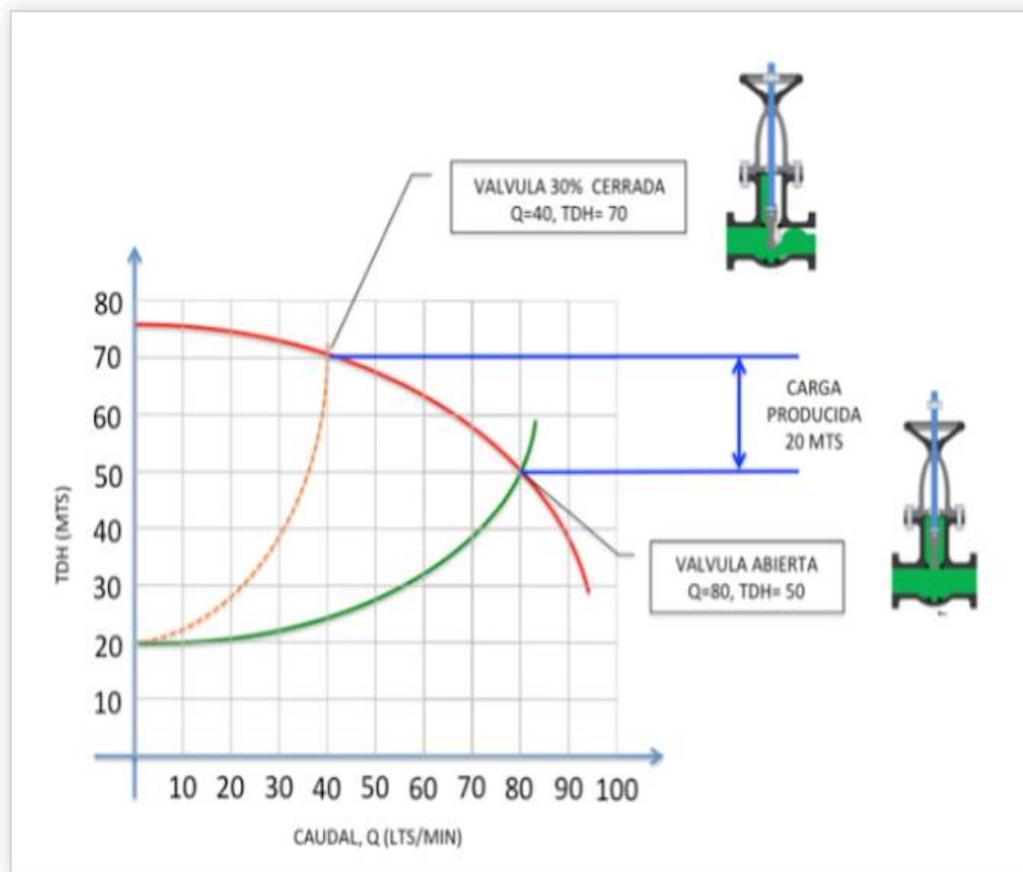


Figura 3. 9. Control de caudal por válvulas

Fuente: <http://gabaypumps.blogspot.com/>

En la figura 3.9 se aprecia la curva de funcionamiento de una bomba en particular. En el eje horizontal está representado el caudal o flujo en Lts/Min. En el eje vertical está representada la altura dinámica total. La curva de la bomba es de color rojo. En color verde está representada la curva del sistema. La carga estática de este sistema es 20 metros. La curva del sistema se intersecta con la curva de la bomba en  $Q= 80$  Lts/Min y un TDH=50 Metros. Si esta bomba entra en funcionamiento con la válvula a la descarga totalmente abierta, tendremos un punto operativo de 80 Lts/Min y un TDH de 50 metros. Si ahora queremos entregar al sistema la mitad del caudal, será necesario por este método de control, comenzar a cerrar la válvula a la descarga de la bomba de manera tal que la curva del sistema se comporte como la representada en color naranja. Así que para 40 Lts/Min corresponderá un TDH de 70 Mts. Es decir, artificialmente se han creado pérdidas de 20 Metros (unas 30 PSI)

para poder reducir el caudal. Esto por supuesto es un derroche de energía que además del consumo de potencia reducirá la vida útil de la válvula entre otras muchas otras cosas no deseadas que se introducirán en el sistema.

Para el análisis de nuestro sistema establecemos la potencia hidráulica de la bomba mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Potencia hidráulica (kW)} = \frac{\rho g Q H}{1,000 \text{ W/kW}}$$

dónde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

H: carga total (m)

ρ: densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Reemplazando con la altura total de la bomba que sería 25m tenemos.

$$\text{Potencia hidraulica} = \frac{1000 * 9,81 * 0.111 * 25}{1000}$$

$$\text{Potencia hidraulica} = 27,2 \text{ kw}$$

Si el requerimiento del proceso es una altura de 15m

$$\text{Potencia hidraulica} = \frac{1000 * 9,81 * 0.111 * 15}{1000}$$

$$\text{Potencia hidraulica} = 15,24 \text{ kw}$$

Por lo tanto, se tiene una pérdida de energía eléctrica de un 40% de acuerdo a la potencia requerida de la bomba.

### 3.5 Análisis experimental de la pérdida de energía.

Mediante la investigación científica experimental de campo realizamos el análisis de la pérdida de energía eléctrica utilizando un variador de pruebas existentes en la planta industrial Grupo Familia. Se cambia el arrancador directo de uno de los motores por el variador obteniendo los siguientes resultados en el DCS figura 3.10 y en el medidor fluke 430. Figura 3.11 y figura 3.12.

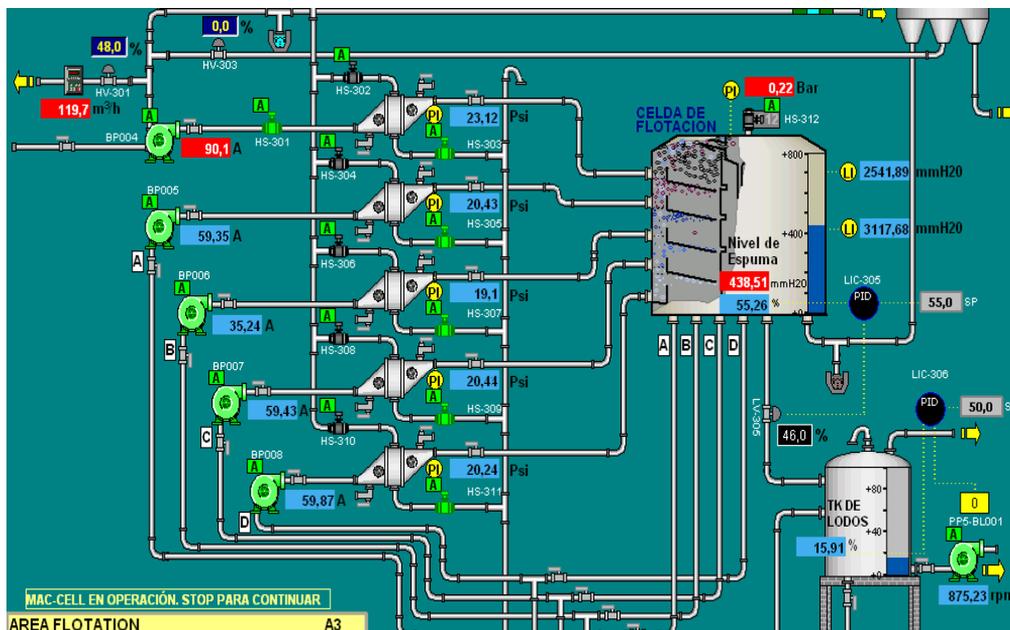


Figura 3. 10. Sistema DCS PP5-BP006 con variador

Fuente: Grupo Familia.

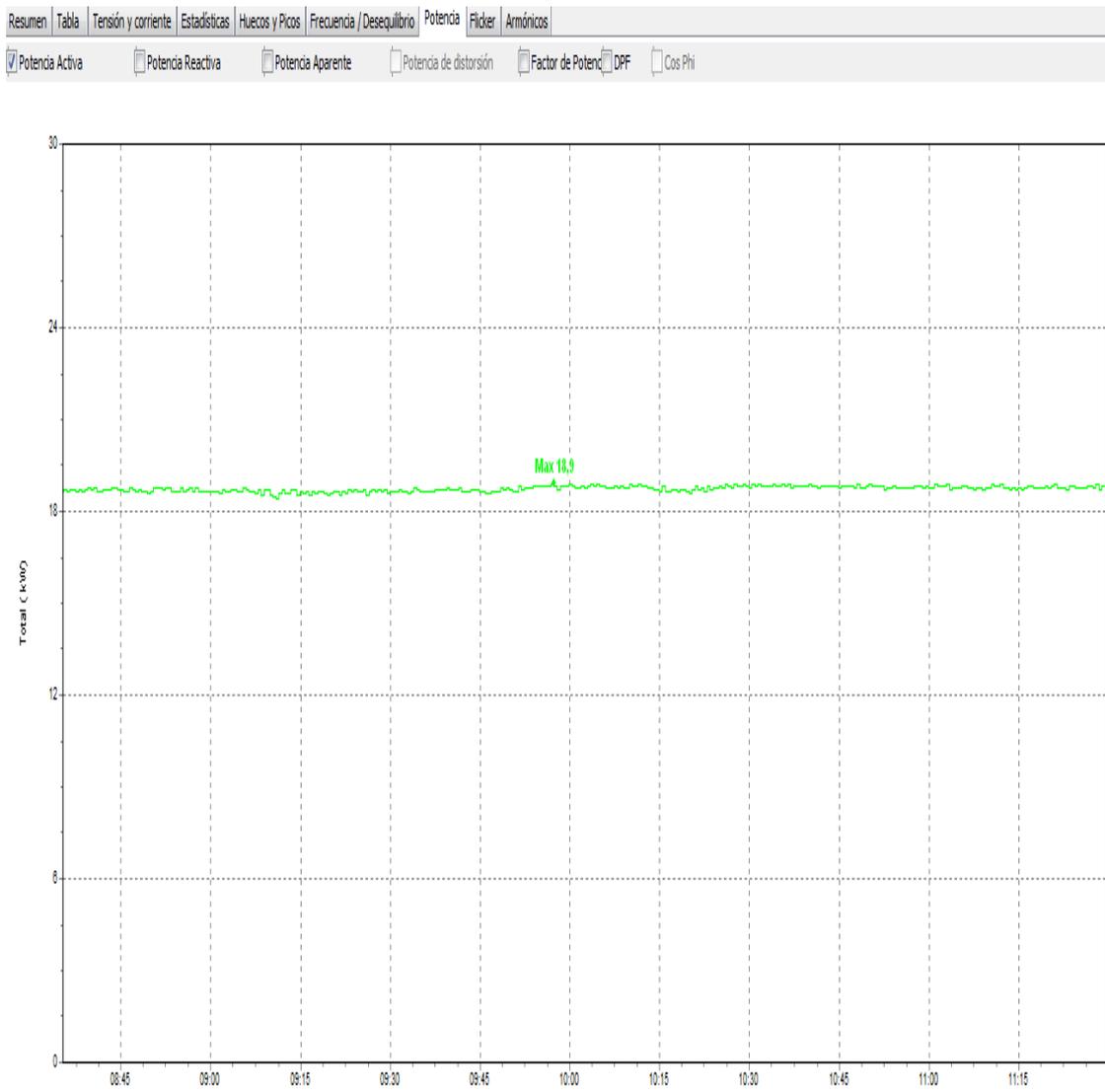


Figura 3. 11. Tendencia de potencia con variador PP5-BP006

Fuente. Tacán, Juan

1. Potencia placa motor: 44.5Kw
2. Potencia máxima medida: 20Kw
3. Presión de salida del inyector 20.3psi
4. Válvula a la salida abierta el 100%
5. Frecuencia de trabajo 45HZ

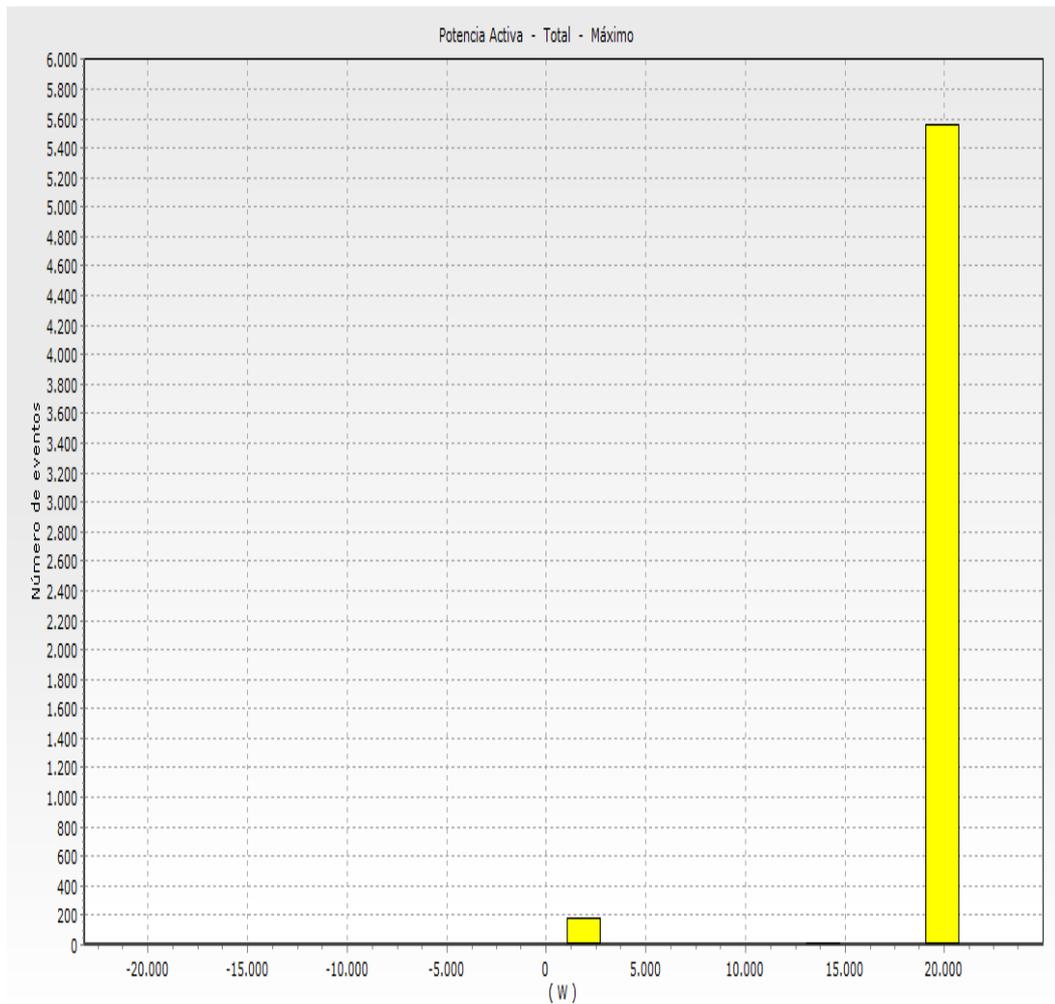


Figura 3. 12. Potencia consumida PP5-BP006

Fuente. Tacán, Juan.

El control manual por cierre de válvula realizada por el operador arroja una medida consumida de potencia de 40000w figura 3.5, mientras que en la prueba experimental con un variador de frecuencia tenemos una medida consumida de potencia de 20000w por lo tanto tenemos un ahorro del 50 % de potencia consumida.

La energía consumida para este equipo se calcula multiplicando la potencia obtenida por el tiempo de funcionamiento y se mide en wat/hora (Wh). Por lo tanto, estos son equipos que trabajan las 24 horas al día tenemos que.

Control manual

$$E=40000W*24h$$

$$E= 960kw/h$$

Control con variador de velocidad

$$E=20000W*24h$$

$$E=480kw/h$$

Y multiplicando por el costo de energía 0,08Usd/kwh.

Control manual.

76,8USD diarios.

Control con variador de velocidad

38,4 USD diarios.

El ahorro del ejemplo es por una bomba.

### **3.6 Conclusiones.**

- El análisis del proceso arroja que la variable a controlar es la presión de los inyectores en un valor de 19 a 20 psi para obtener un óptimo trabajo del sistema de flotación.
- Al tener un control manual para mantener los 19 o 20 psi mediante la manipulación de válvulas a la salida de la bomba, matemáticamente se tiene como resultados una pérdida de energía del 40% al restringir la potencia hidráulica de la bomba.
- Experimentalmente realizando el control mediante la variación de velocidad del motor de la bomba, obteniendo los mismos datos de presión requeridos del proceso obtenemos que la potencia consumida se reduce en 50%.

- La automatización del control automático en el sistema de flotación en la planta de preparación de pasta de la Empresa Grupo Familia debe ser implementado para benefició del medio ambiente y sostenibilidad de la empresa.

## **CAPITULO 4: PROPUESTA**

### **4.1 Título**

#### **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE FLOTACIÓN EN LA PLANTA PP5.**

### **4.2 Justificación de la propuesta.**

Se propone realizar la instalación de una red de variadores en el actual sistema DCS de la Planta para lo cual se estima tener un ahorro del 30% del consumo de energía eléctrica, este valor sale del promedio del análisis analítico 40% como el experimental 50% el resultado es 45% sin embargo seremos muy conservadores para realizar el cálculo de la inversión requerida, así como su retorno económico.

Se concluye que la inversión se recupera en menos de un año, siguiendo con la implementación de la automatización de los motores de los inyectores del sistema de flotación.

### **4.3 Objetivo de la propuesta**

Automatizar el sistema de flotación mediante una red de variadores controlados a través del sistema DCS para obtener un ahorro de energía de un 45% en el área de flotación de la empresa Grupo Familia.

## **4.4 Desarrollo de la propuesta**

### **4.4.1 Selección de los variadores**

De acuerdo a la potencia requerida de los motores seleccionamos los variadores de frecuencia; la empresa Grupo Familia para homologar sus sistemas de control y automatización, facilitar el conocimiento de su personal ha optado por la marca SIEMENS por tal razón los variadores deberán ser de la misma marca y deberemos únicamente seleccionar la potencia adecuada y tecnología de los mismos; los siguientes conceptos y recomendaciones del fabricante guiara a la correcta selección de los variadores.

#### **Que es un variador**

Los variadores de velocidad (drives) son dispositivos que permiten variar la velocidad en un motor controlando electrónicamente el voltaje y la frecuencia de entrada al motor, manteniendo el torque constante (hasta la velocidad nominal).

La instalación de los variadores de velocidad en la industria nace de dos motivos principales.

- El mejoramiento del proceso productivo.
- El ahorro de energía eléctrica.

Consideraciones generales para selección de un variador de velocidad.

- Verificar el rango de corriente del motor y del variador.
- Chequear el voltaje de línea requerido.

- Confirmar el rango de velocidad requerido. La operación sobre frecuencia nominal(60Hz) solamente es posible con un descenso en el torque del motor. La operación a baja frecuencia y alto torque puede ocasionar el sobrecalentamiento del motor debido a la falta de ventilación.
- Verificar el desempeño de la aplicación con sobrecarga. El drive limitara muy rápidamente la corriente a 150% de la corriente nominal del motor.
- En caso que se requiera una parada rápida, se debe considerar el uso de un resistor de frenado para absorber y disipar la energía o el empleo de variadores de velocidad con capacidad regenerativa o de recuperación de energía.

En el anexo 1 se encuentra los datos específicos de los variadores seleccionados.

#### **4.4.2 Selección del PLC**

En este caso se reutilizará el PLC simatic 400 figura 4.1; existente en el sistema de control de la planta de preparación; sin embargo, mencionamos sus características.

SIMATIC CPU 400 es plc de alto rendimiento de la marca Siemens la comunicación de datos globales posibilita el intercambio cíclico de datos entre CPUs SIMATIC S7, a través de la interfase MPI. El intercambio de los datos se realiza cíclicamente durante la actualización de la imagen de proceso de las entradas y las salidas.

Junto con la transmisión cíclica, en el S7-400 también es posible tener una transmisión de datos controlada por eventos con ayuda de los módulos de función preconfigurados. Para ello, en el programa S7 hay que llamar a los módulos de función para el envío y la recepción de datos.



Figura 4. 1. PLC S7-400

Fuente. Grupo Familia

#### **4.4.3 Selección software de programación**

En este caso se reutilizará el software existente en el sistema de control de la planta de preparación; sin embargo, mencionamos sus características.

SIMATIC PCS 7 figura 4.2 se basa en componentes modulares de hardware y software de la gama de sistemas perfectamente coordinados entre sí Totally Integrated Automation.

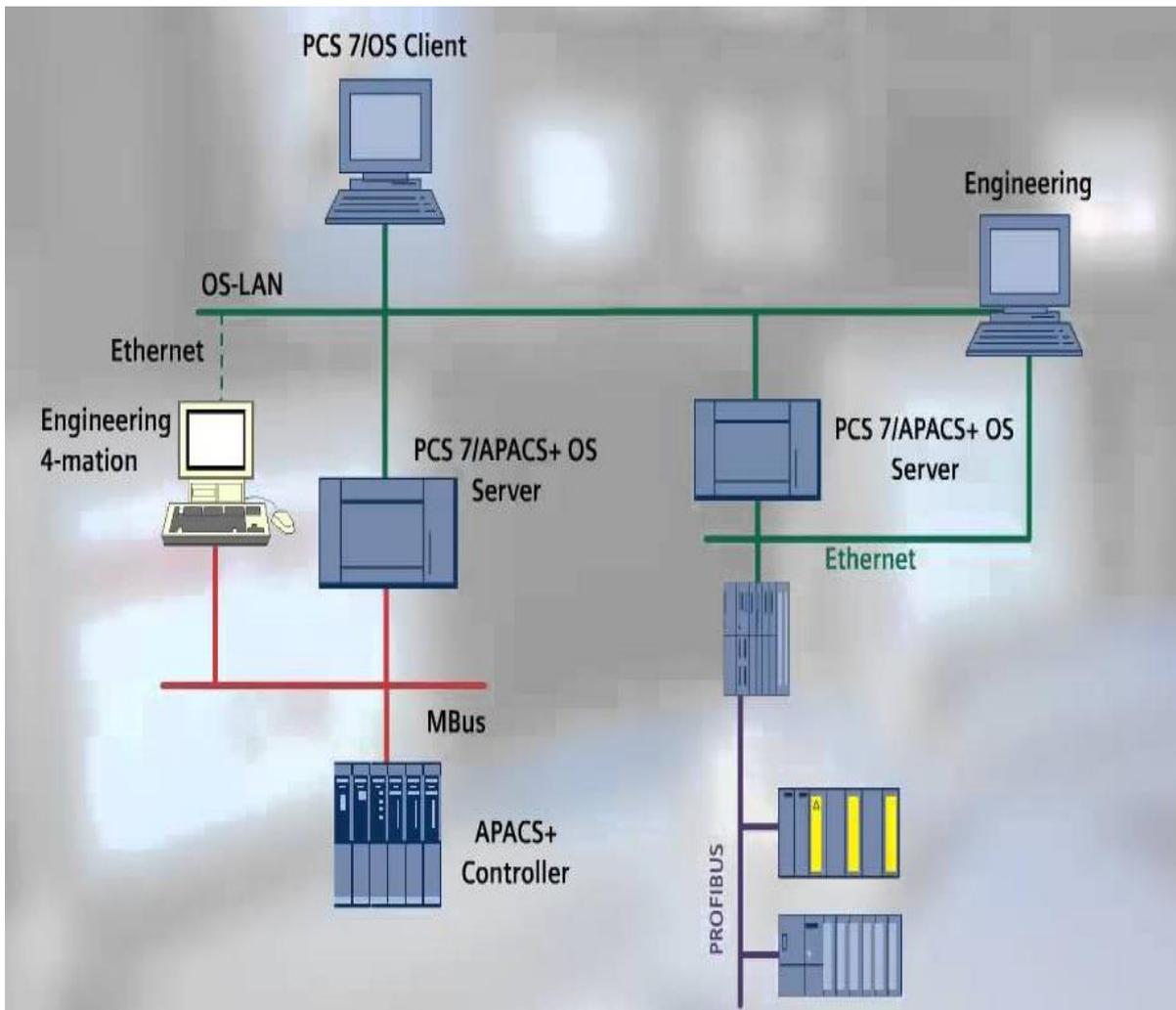


Figura 4. 2. Simatic PCS 7

Fuente: Siemens

Estos componentes se pueden ampliar e innovar con pocos costes, sin problemas y gracias a sus interfaces estables a largo plazo, están preparados y abiertos al futuro.

Con ello, se pueden proteger y asegurar a largo plazo las inversiones de los clientes a pesar de la alta velocidad de innovación y los breves ciclos de vida de los productos.

SIMATIC PCS 7 usa consecuentemente nuevas y potentes tecnologías y estándares establecidos internacionalmente, entre otros muchos IEC, XML, PROFIBUS, tecnología Ethernet Giga bits, TCP/IP, OPC, ISA -88 o ISA -95.

El carácter abierto de SIMATIC PCS 7 se extiende a todos los niveles y comprende los controladores y la periferia del proceso, tanto como las redes de comunicación industriales y los sistemas de operador y de ingeniería.

Pero no solamente incluye la arquitectura del sistema y la comunicación, sino también interfaces de programación e intercambio de datos para los programas de usuario y para exportar e importar gráficos, textos y datos, p. ej. del ámbito CAD/CAE. Así, SIMATIC PCS 7 puede combinarse también con componentes de otros fabricantes e integrarse en infraestructuras ya existentes.

Integración en redes de información a escala corporativa.

El sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7 se puede integrar, para el intercambio de datos, en redes de información a escala corporativa vía interfaces estandarizadas en base a estándares industriales internacionales. De esta manera, los datos del proceso están disponibles en cualquier momento y lugar de la empresa para fines de evaluación, planificación, coordinación y optimización de operaciones y procesos productivos y comerciales, por ejemplo, para:

- ERP (Enterprise Resource Planning),
- MIS (Management Information System),
- MES (Manufacturing Execution System),
- Advanced Process Control.

SIMATIC PCS 7 soporta a nivel de sistema la conexión con SIMATIC IT, la solución MES de Siemens. SIMATIC IT permite capturar en tiempo real datos del nivel ERP y de control, modelar todo el conocimiento sobre fabricación y definir precisamente los procesos de operativos.

Las estaciones de operador de SIMATIC PCS 7 ofrecen más posibilidades adicionales para el acceso simple a las tecnologías de la información. Como servidores OPC, pueden ser fuentes de datos para aplicaciones TI o, como client OPC, acceder a los datos de aplicaciones de servidores OPC.

Mediante un PCS 7 Web Server, la planta puede ser manejada u observada a través de Internet/Intranet. El PCS 7 Web Server recoge los datos de los servidores OS subordinados y posibilita la supervisión y control remotos, así como el diagnóstico y mantenimiento desde cualquier parte del mundo. El acceso por Internet se regula con el mismo mecanismo de protección de acceso que en el cliente en la sala de control.

#### **4.4.4 Diseño eléctrico del sistema de control.**

##### **Diseño actual sin control.**

Partimos con el plano del diseño del arrancador directo de las bombas del sistema de flotación Anexo 2, Grupo Familia estandarizo sus arrancadores que pueden ser directos, estrella- triangulo y por variador; para facilitar y agilizar la detección de fallas en caso se presenten.

El arrancador es directo, antiguo control industrial figura 4.3, posee los siguientes elementos.

- Braker.
- Contactor.
- Relé térmico.
- Rele de control.
- Un medidor de corriente con su transmisor.
- Un fusible de control.



Figura 4. 3. Arrancador directo PP5-BP006

Fuente. Grupo Familia

La planta PP5 ya contempla en su proceso de arranque el momento en que tiene que entrar en funcionamiento el sistema de flotación la misma que no tiene la necesidad de ser modificada; sin embargo, se menciona para comprobación al momento de la automatización, el graficet del sistema se detalla en el anexo 3.

El control de presión que se debe realizar en este sistema es manual a través de las válvulas de salida de las bombas de los inyectores, en la figura 4.4 (anexo 4) encontramos el PI&D evidenciando que no tiene ningún control de lazo cerrado.

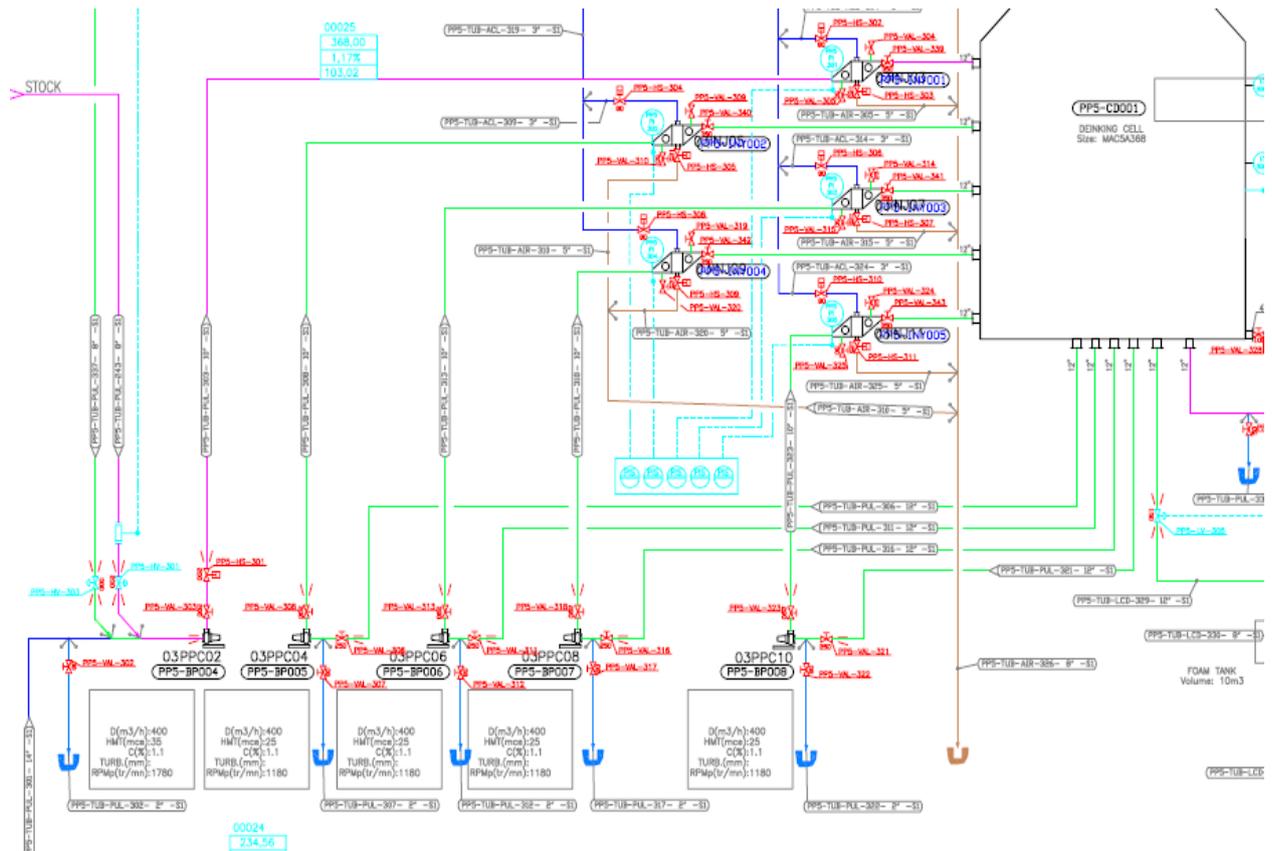


Figura 4. 4. PI&D Sistema de Flotación Lazo Abierto

Fuente: Grupo Familia

### Diseño propuesto con control.

El diseño de control que se propone contiene un lazo cerrado de control de la presión mediante la variación de la velocidad del motor de las bombas de pasta de los inyectores del sistema de flotación (PP5-BP005, PP5-BP006, PP5-BP007, PP5-BP008) figura 4.5, un transmisor de presión para la retroalimentación.

EL operario tendrá la capacidad desde la cabina de control operar la presión requerida según mande el proceso.

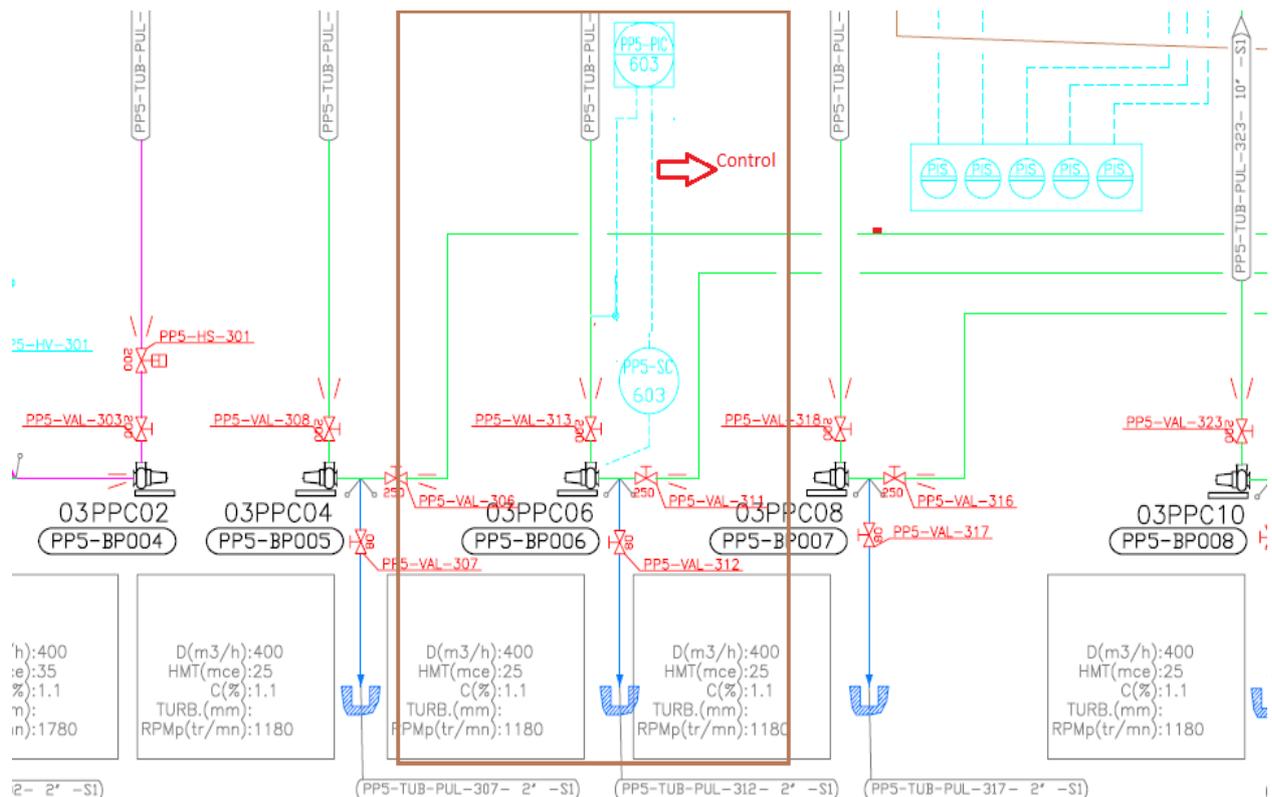


Figura 4. 5. PI&D Sistema de Flotación Lazo Cerrado

Fuente. Grupo Familia.

#### 4.4.5 Instalación de los gabinetes eléctricos

Se arma e instalan los gabinetes del sistema eléctrico de control de flotación, estos son armados de acuerdo a los planos del anexo 5, ya se mencionó que son de acuerdo a los estándares de Grupo Familia. Los mismos como indica la figura 4.6 y figura 4.7; a diferencia de los tableros anteriores de arranque directo son estéticamente superior y constan con elementos tecnológicamente más confiables siendo estos.

- Breaker
- Drive
- Breaker de control
- Pantalla de indicación



Figura 4. 6. Gabinete eléctrico interno

Fuente. Tacán, Juan



Figura 4. 7. Gabinete eléctrico externo

Fuente. Tacán, Juan.

#### 4.4.6 Programación del sistema de control

La programación del sistema lo realizamos mediante el software PCS 7 que posee la planta de preparación de pasta, con sus respectivas licencias; la programación lo describiremos de manera lo más resumida y comprensiva; pues a pesar de no ser objeto de estudio de esta investigación, fue la que más tiempo nos llevó en su investigación e implementación.

#### Plant view

##### Jerarquía de la planta

En el plant View se estructura el proyecto de acuerdo a los aspectos tecnológicos. La automatización, operaciones de control y funciones de monitoreo se arreglan jerárquicamente (plan, unit, functions...) y cada carpeta se nombra de acuerdo a su significado tecnológico. El plant View figura 4. 8 contiene los gráficos CFC y SFC para el sistema de automatización AS, gráficos y reportes de la OS y algunos documentos adicionales.

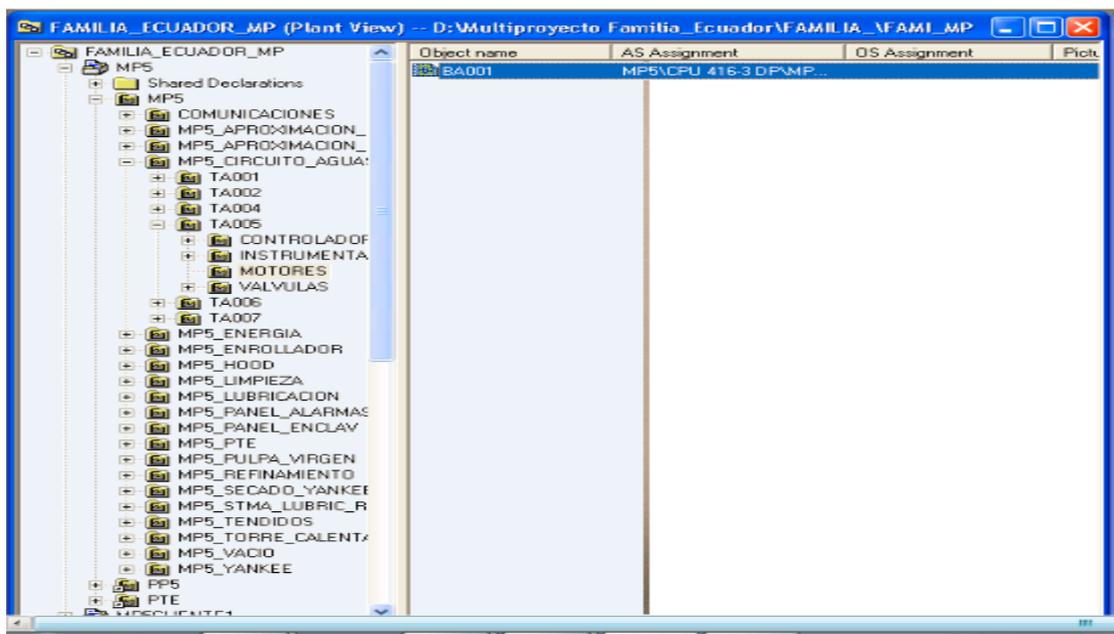


Figura 4. 8. Plan View PCS-7

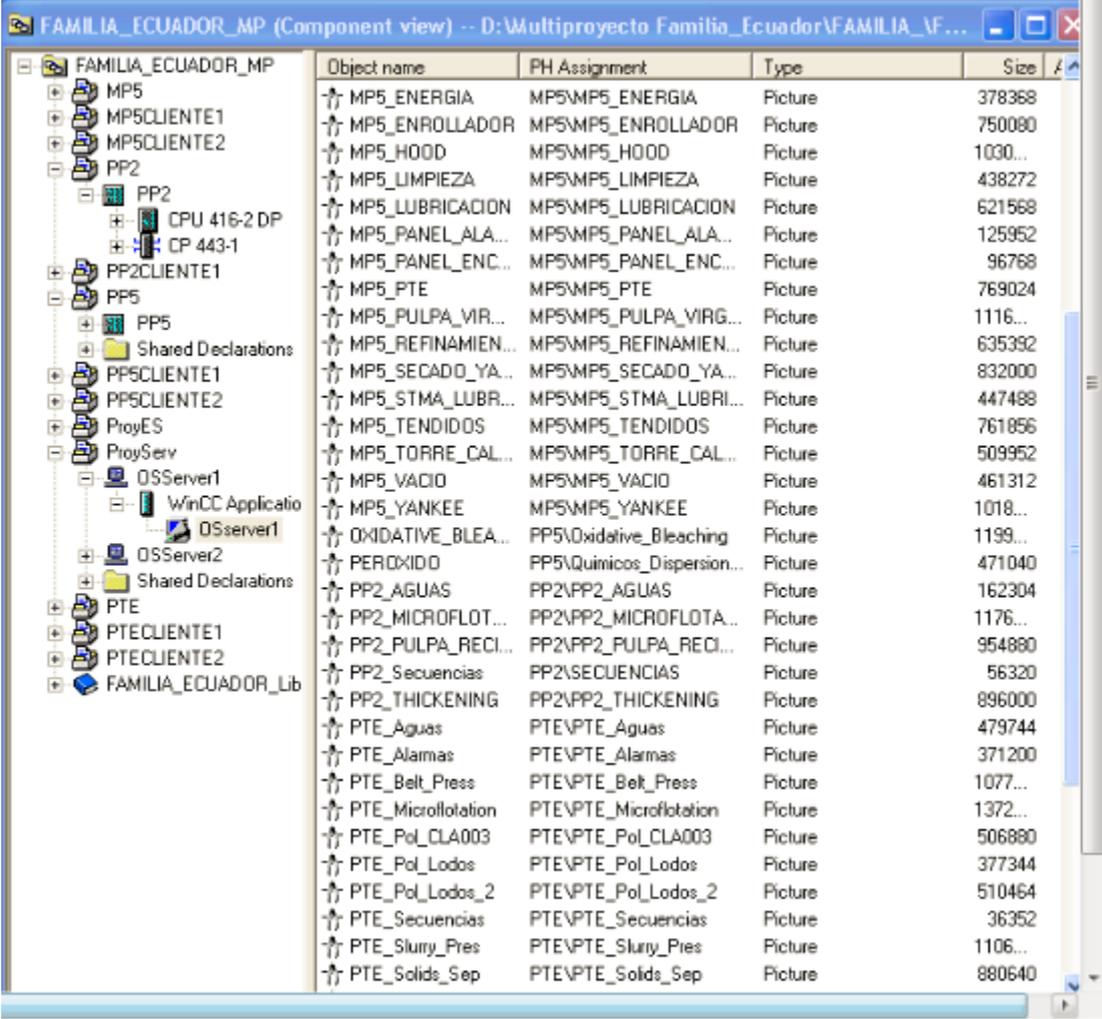
Fuente. Tacán, Juan



## Component view

### Multiproyecto de ingeniería

En el component view, figura 4.10 se trabajan todas las funciones tales como archivar, desarchivar, copiar, eliminar, pegar. los proyectos de un multiproyecto.



The screenshot shows a window titled 'FAMILIA\_ECUADOR\_MP (Component view)'. The left pane displays a hierarchical tree structure of the project. The right pane displays a table with the following columns: Object name, PH Assignment, Type, and Size. The table lists various objects and their properties.

Object name	PH Assignment	Type	Size
MP5_ENERGIA	MP5\MP5_ENERGIA	Picture	378368
MP5_ENROLLADOR	MP5\MP5_ENROLLADOR	Picture	750080
MP5_HOOD	MP5\MP5_HOOD	Picture	1030...
MP5_LIMPIEZA	MP5\MP5_LIMPIEZA	Picture	438272
MP5_LUBRICACION	MP5\MP5_LUBRICACION	Picture	621568
MP5_PANEL_ALA...	MP5\MP5_PANEL_ALA...	Picture	125952
MP5_PANEL_ENC...	MP5\MP5_PANEL_ENC...	Picture	96768
MP5_PTE	MP5\MP5_PTE	Picture	769024
MP5_PULPA_VIR...	MP5\MP5_PULPA_VIRG...	Picture	1116...
MP5_REFINAMEN...	MP5\MP5_REFINAMEN...	Picture	635392
MP5_SECADO_YA...	MP5\MP5_SECADO_YA...	Picture	832000
MP5_STMA_LUBR...	MP5\MP5_STMA_LUBRI...	Picture	447488
MP5_TENDIDOS	MP5\MP5_TENDIDOS	Picture	761856
MP5_TORRE_CAL...	MP5\MP5_TORRE_CAL...	Picture	509952
MP5_VACIO	MP5\MP5_VACIO	Picture	461312
MP5_YANKEE	MP5\MP5_YANKEE	Picture	1018...
OXIDATIVE_BLEA...	PP5\Oxidative_Bleaching	Picture	1199...
PEROXIDO	PP5\Quimicos_Dispersion...	Picture	471040
PP2_AGUAS	PP2\PP2_AGUAS	Picture	162304
PP2_MICROFLOT...	PP2\PP2_MICROFLOTA...	Picture	1176...
PP2_PULPA_REC...	PP2\PP2_PULPA_REC...	Picture	954880
PP2_Secuencias	PP2\SECUENCIAS	Picture	56320
PP2_THICKENING	PP2\PP2_THICKENING	Picture	896000
PTE_Aguas	PTE\PTE_Aguas	Picture	479744
PTE_Alarnas	PTE\PTE_Alarnas	Picture	371200
PTE_Belt_Press	PTE\PTE_Belt_Press	Picture	1077...
PTE_Microflotation	PTE\PTE_Microflotation	Picture	1372...
PTE_Po_CLA003	PTE\PTE_Po_CLA003	Picture	506880
PTE_Po_Lodos	PTE\PTE_Po_Lodos	Picture	377344
PTE_Po_Lodos_2	PTE\PTE_Po_Lodos_2	Picture	510464
PTE_Secuencias	PTE\PTE_Secuencias	Picture	36352
PTE_Slurry_Pres	PTE\PTE_Slurry_Pres	Picture	1106...
PTE_Solids_Sep	PTE\PTE_Solids_Sep	Picture	880640

Figura 4. 10. Component View PSC-7

Fuente. Tacán, Juan

## **Configuración del Hardware**

Trabajando en el component View figura 4.11 se puede configurar el hardware, los componentes del bus y las entradas y salidas del proceso. Aquí se pueden crear los AS (Sistema de automatización), ES (Estación de ingeniería), OS (Estación de operador) y Batch.

Los objetos en el component View son identificados como componentes de acuerdo a su importancia (por ejemplo, S7 program, Estación, OS, PLC/AS (CPU), chart fólder).

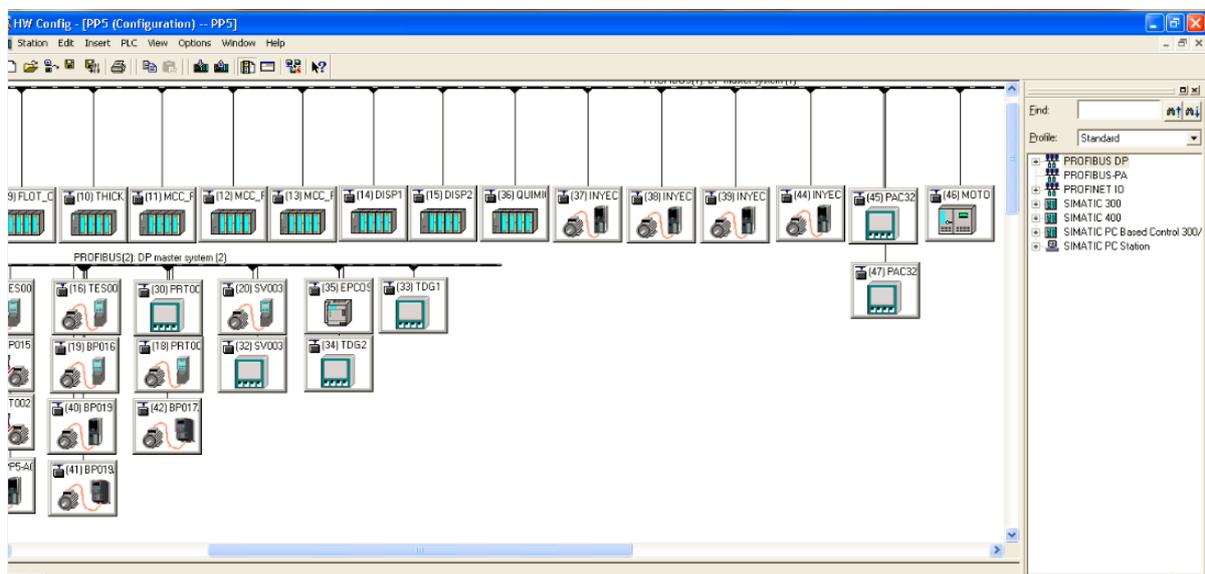


Figura 4. 11. Configuración de hardware PCS-7

Fuente: Tacán, Juan

### **4.4.6 Programación Gráfica**

#### **Graphics Designer**

Las librerías del Graphics Designer figura 4.12 contienen una amplia selección de gráficos listos para ser usados, tales como tubos y válvulas. Esos elementos pueden ser modificados y adicionados la librería propia del proyecto para tenerlos disponibles en cualquier momento.

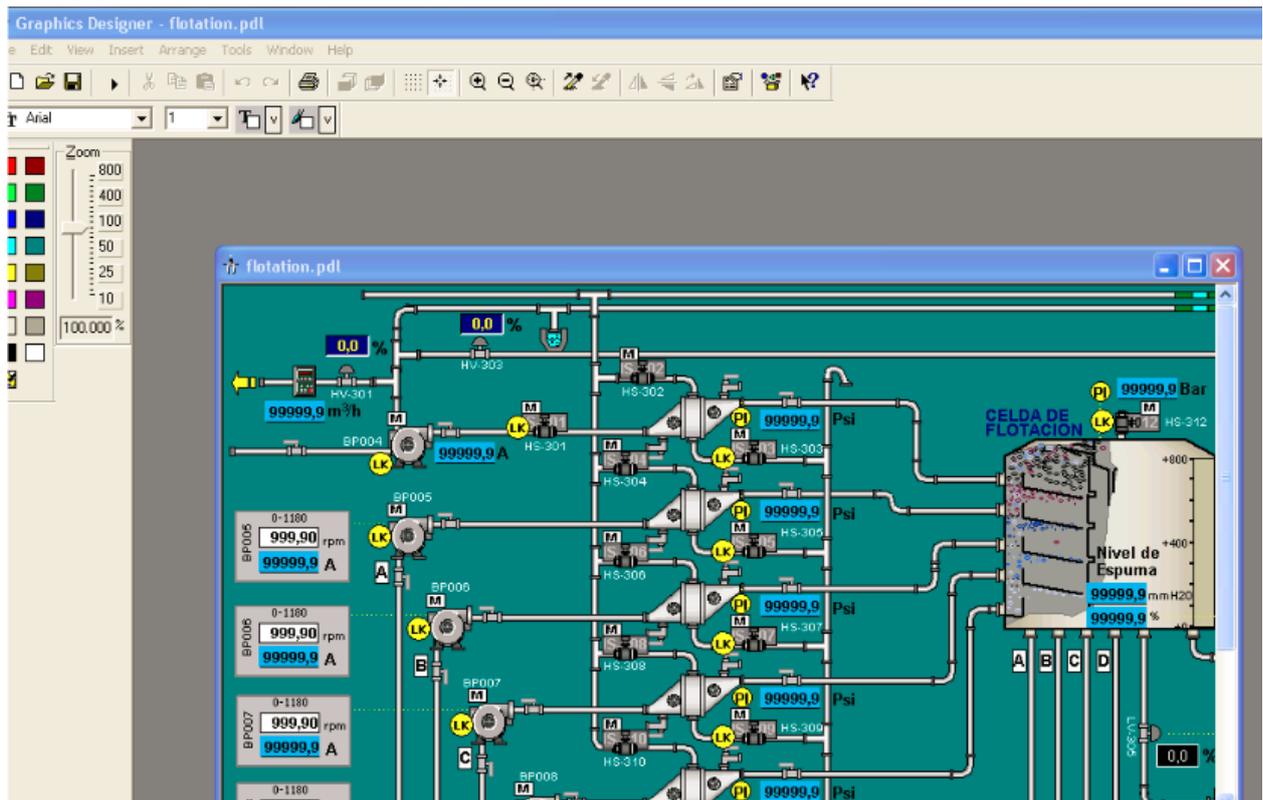


Figura 4. 12. Graphics Designer PCS-7

Fuente. Tacán, Juan

### 3.5 Puesta en marcha del sistema

La puesta en marcha del sistema comprendida en la verificación funcional inicial sin control vs la función del sistema con control; estas no deben cambiar.

Al hacer clic sobre el botón “FLOTACIÓN” figura 4.13 del menú de navegación de la franja superior del sistema, se accede a la pantalla de flotación donde se visualiza y operan los elementos del área.

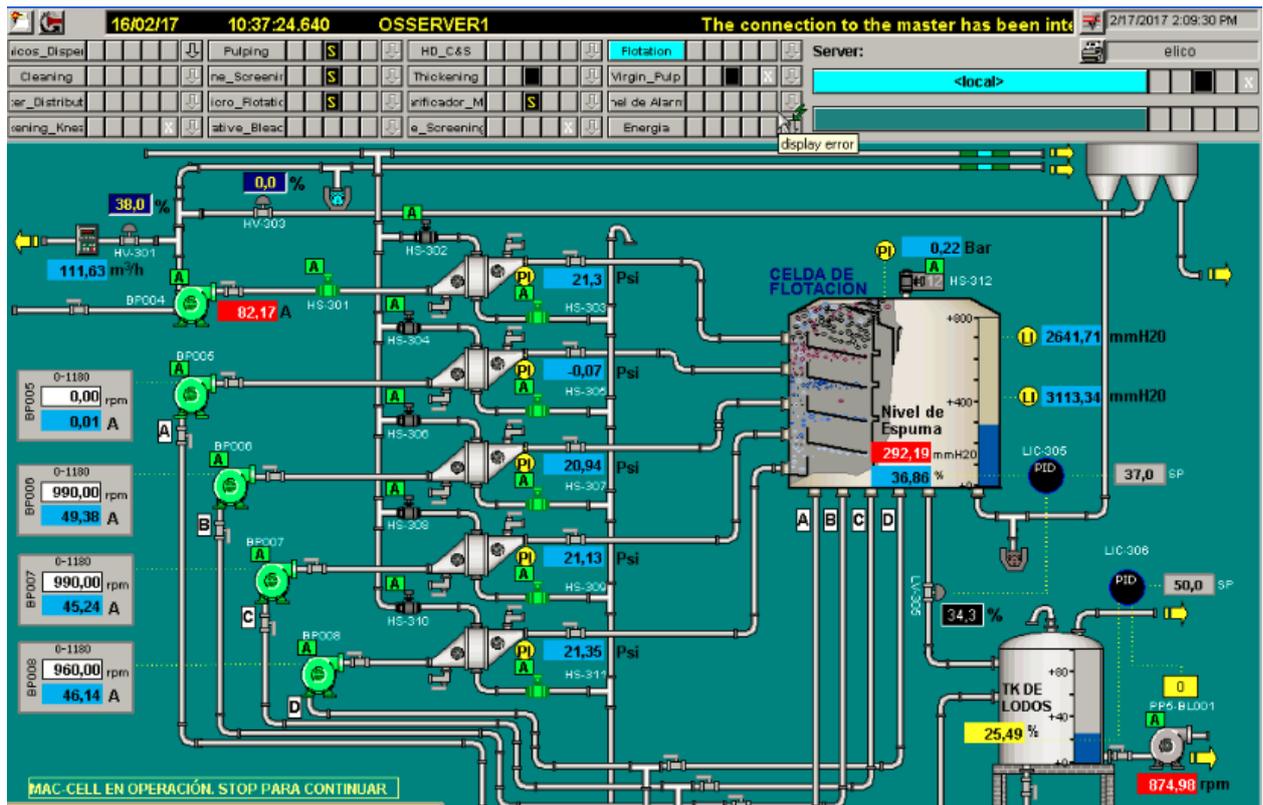


Figura 4. 13. Puesta en marcha Sistema Flotación

Fuente. Tacán, Juan

Los elementos de operación como motores, válvulas, controladores, análogas, bombas, ventiladores se operan de la misma manera como se ha venido realizando con el resto de áreas.

Desde la botonera de operación figura 4.14 podrán hacerse las siguientes operaciones, pulsado el botón correspondiente:



Figura 4. 14. Botonera de operación

Autor: Tacan, Juan

- “A3”: Botón que indica las alarmas presentes de esta área.
- “RESET”: Permite resetear todos los elementos de consola.
- “MAN”: Indica que los elementos de esta zona operan en modo manual; si se oprime cambia el modo de operación a Automático.
- “AUTO”: Indica que los elementos de esta zona operan en modo automático; si se oprime cambia el modo de operación a Manual.
- “PARÁM”: Permite visualizar y configurar parámetros de esta zona.
- “CMD”: Comandos de operación de esta zona.
- “REG”: Registradores de esta zona.
- “SEC”: Secuencias de esta zona.

Comprobándose que el sistema no tiene ningún problema de funcionalidad; con la debida aceptación de los departamentos de producción y mantenimiento de la planta industrial Grupo Familia se procede a realizar el diagnóstico y análisis energético.

#### **4.6 Diagnóstico eléctrico del sistema eléctrico del área por flotación con control**

El análisis energético se realiza en base a los datos que se obtienen en los seis primeros meses de funcionamiento del nuevo sistema.

Para lo cual utilizaremos los registros de consumo de energía del sistema.

Indicamos que, en el primer mes de puesta en marcha del sistema, se tiene un error en la programación el cual al irse a falla el drive de la PP5-BP006 se apaga el motor sin irse a falla el proceso de frotación; nadie se da cuenta del particular trabajando el sistema aproximadamente un turno (8horas) bajo estas condiciones.

Se realizan las respectivas correcciones, sin embargo, se solicita al departamento de producción realizar un análisis de las variables del proceso sin tener mayor desviación; por lo cual solicitamos trabajar con ese inyector apagado y realizar un seguimiento controlado de las variables del proceso; se acepta este pedido y a lo largo del tiempo se mantienen esta bomba apagada, sin cambios en las variables del proceso como en la calidad del papel.

La tabla 4.1 indica el consumo de los seis primeros meses; obtenido en los registros del sistema anexo 7. Como se observa la tendencia figura 4.15 el mes de enero es más alto por la explicación realizada en el párrafo anterior.

Tabla 4. 1. Consumo de energía Enero – Junio 2016

Realizado por: Tacán, Juan.

	<b>ENERO</b> kwh/mes	<b>FEBRERO</b> kwh/mes	<b>MARZO</b> kwh/mes	<b>ABRIL</b> kwh/mes	<b>MAYO</b> kwh/mes	<b>JUNIO</b> kwh/mes
<b>INYECTOR 1 PPP5-BP005</b>	19589					
<b>INYECTOR 2 PPP5-BP006</b>	19750	19700	19850	20085	20135	20235
<b>INYECTOR 4 PPP5-BP007</b>	20134	20284	20334	20569	20519	20389
<b>INYECTOR 5 PPP5-BP008</b>	20471	20521	20321	20086	20136	20106
<b>TOTAL</b>	<b>79944</b>	<b>60505</b>	<b>60505</b>	<b>60740</b>	<b>60790</b>	<b>60730</b>

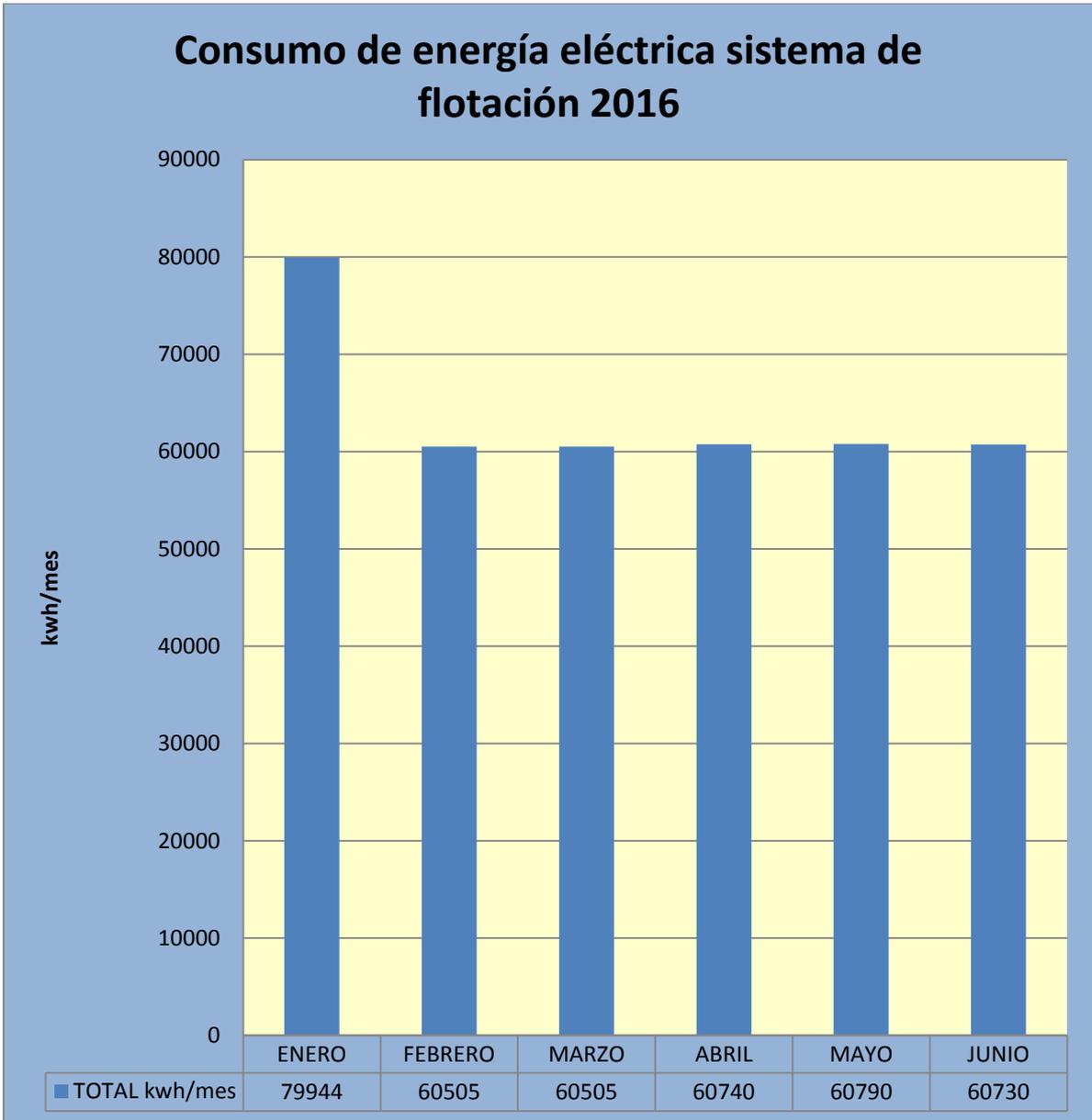


Figura 4. 15. Tendencia consumo de energía Enero – Junio 2016

Fuente. Investigador.

La figura 4.16 indica un comparativo del consumo de energía 2015 vs el consumo de los seis primeros meses donde evidenciamos el ahorro, supera el 30% de la propuesta del proyecto.

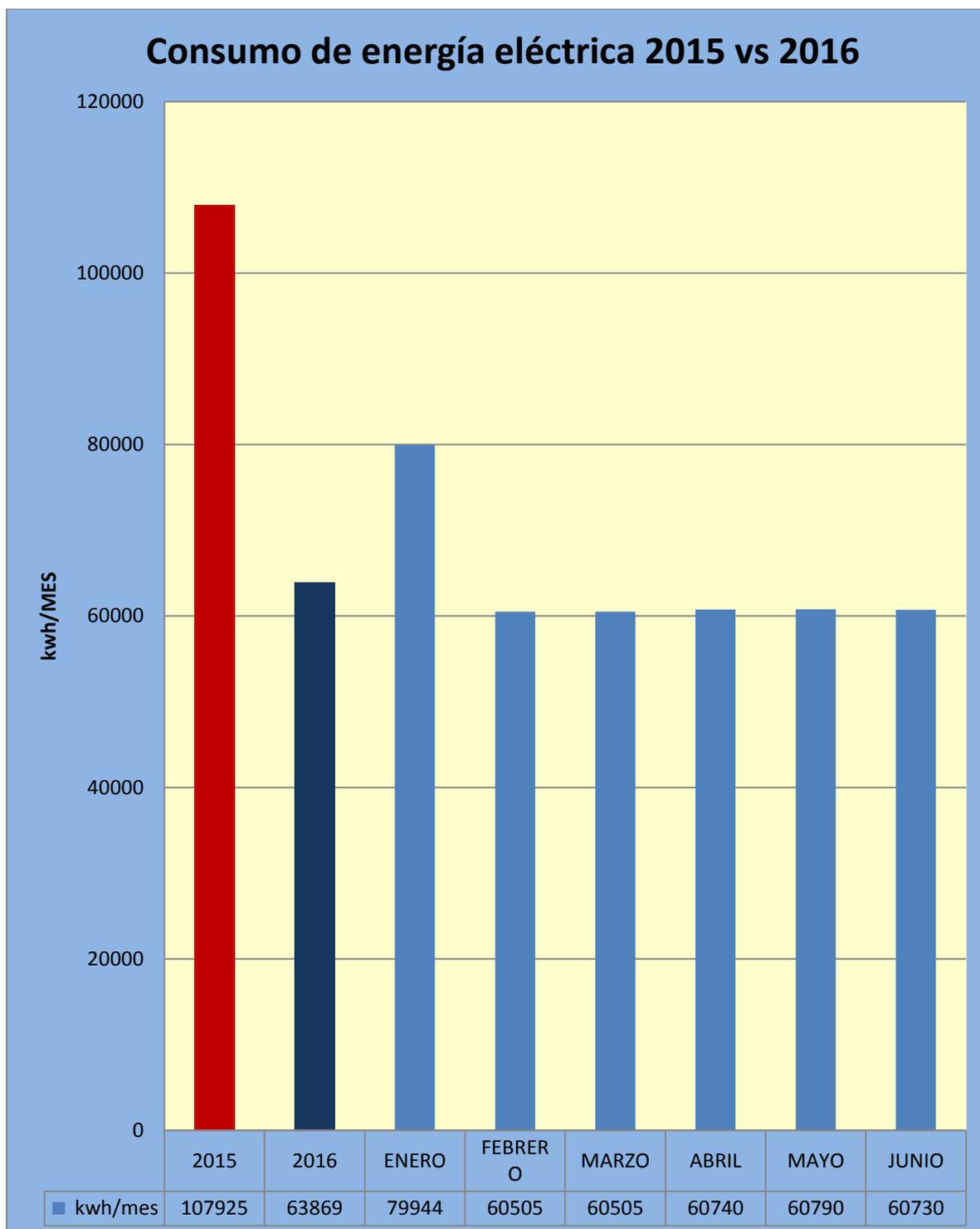


Figura 4. 16. Comparativo Consumo de Energía 2015 vs 2016

Elaborado por: Tacán, Juan.

#### 4.7 Análisis financiero de la investigación obtenida

De los datos obtenidos en la tabla 3.2 Capítulo 3 (Consumo de energía 2015) y los datos de la tabla 4.1 del Capítulo 4 (Consumo de energía 2016); calculamos el costo de la energía de estos seis meses tabla 4.2 costo de energía 2015 y tabla 4.3 costo de energía 2016, para el efecto utilizaremos un valor de 0.08 USD, promedio proporcionado por el departamento financiero Grupo Familia.

Tabla 4. 2. Costo de energía 2015

Elaborado por: Tacán, Juan.

	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>
<b>TOTAL, kwh/mes</b>	107697	107897	107947	107947	108047	108017
USD * kwh/mes	8616	8632	8636	8636	8644	8641

Tabla 4. 3. Costo de energía 2016

Elaborado por: Tacán, Juan.

	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>
<b>TOTAL kwh/mes</b>	79944	60505	60505	60740	60790	60730
USD * kwh/mes	6396	4840	4840	4859	4863	4858

Es evidente el ahorro de energía, la figura 4.17 se observa de mejor manera lo mencionado, donde un comparativo de los seis primeros meses de los dos años nos da un ahorro de 42291 USD. Utilizaremos este valor para el cálculo del TIR y VAN proyectando para el año completo.

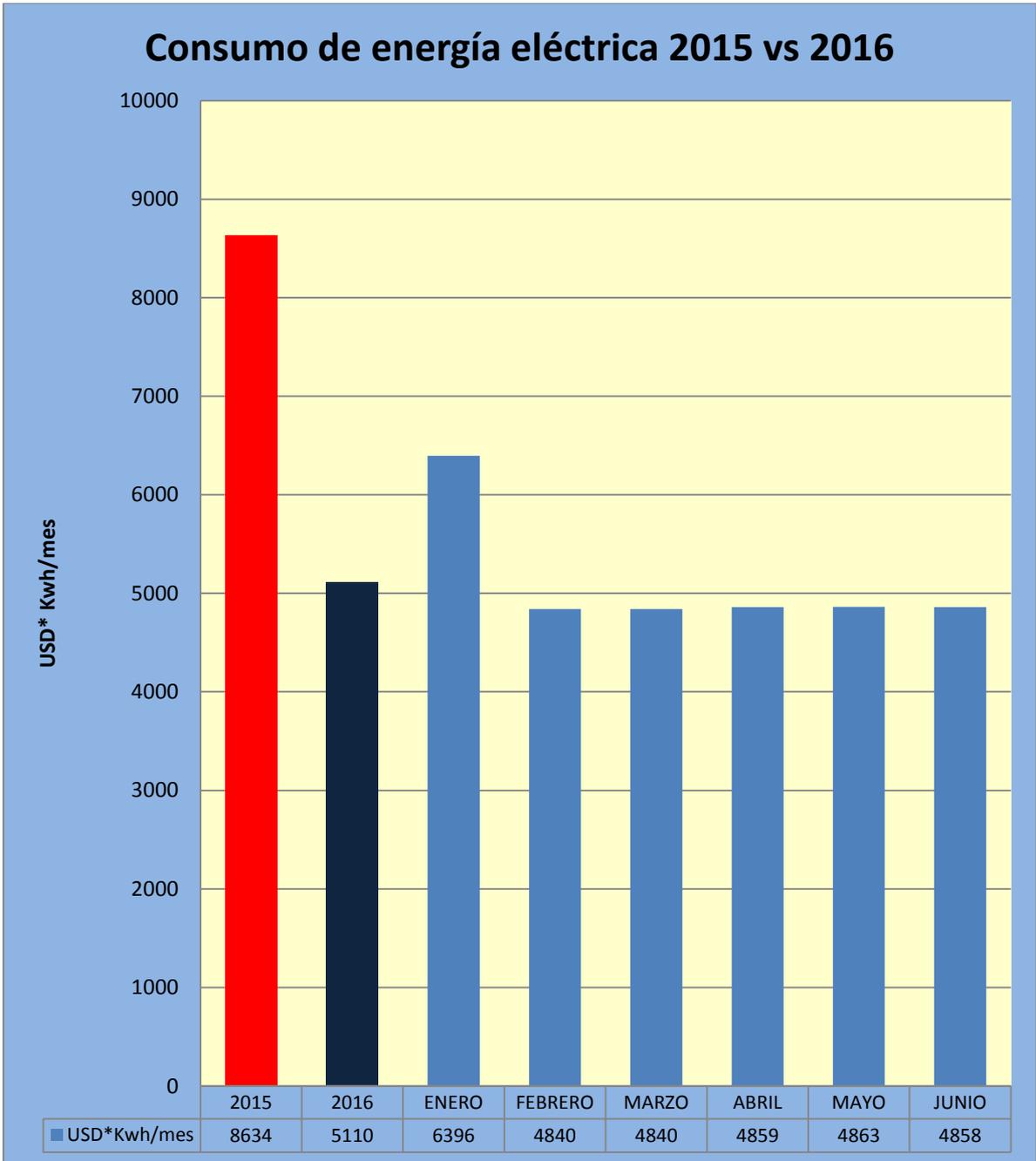


Figura 4. 17. Costo de energía eléctrica 2015 vs 2016

Fuente. Tacán, Juan.

Con los datos obtenidos de la cuantificación de la inversión (anexo 8) y los datos del ahorro energético, a través del VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión.

Basta con hallar VAN de un proyecto de inversión para saber si dicho proyecto es viable o no.

La fórmula del VAN es:

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{Inversión}$$

Donde el beneficio neto actualizado (BNA) es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, el cual ha sido actualizado a través de una tasa de descuento.

La tasa de descuento (TD) con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es el la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima, que se espera ganar; por lo tanto, cuando la inversión resulta mayor que el BNA (VAN negativo o menor que 0) es porque no se ha satisfecho dicha tasa. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a 0) es porque se ha cumplido con dicha tasa. Y cuando el BNA es mayor que la inversión es porque se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado una ganancia o beneficio adicional.

$\text{VAN} > 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable.

$\text{VAN} = 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la TD.

$\text{VAN} < 0 \rightarrow$  el proyecto no es rentable.

Entonces para hallar el VAN se necesitan:

- Tamaño de la inversión.
- Flujo de caja neto proyectado.
- Tasa de descuento.

La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0).

Entonces para hallar la TIR se necesitan:

- Tamaño de inversión.

- Flujo de caja neto proyectado.

Los datos lo llevamos a una hoja de cálculo y tenemos los siguientes resultados.

**Datos.**

**Inversión:** 80660 USD Anexo 8

**Ahorro proyectado:** 71000USD Anual

Tabla 4. 4. Calculo del TIR y VAN

Realizado por: Tacán, Juan.

Ahorros estimados	\$ 71.000,0
-------------------	----------------

Año 1	Año 2	Año3	Año 4	Año 5	Año 6
\$ (80.660)	\$ 71.000,0	\$ 71.000,0	\$ 71.000,0	\$ 71.000,0	\$ 71.000,0

<b>WACC</b>	13%	Anual
<b>VAN</b>	\$ 169.063	
<b>TIR</b>	83,8%	
<b>Payback</b>	1,32	Años
<b>CVA</b>	\$ 3,10	

Al finalizar el presente trabajo de investigación, podemos afirmar que se logra cumplir con éxito los objetivos planteados para la elaboración de este proyecto. Para determinar las pérdidas de energía eléctrica en la planta de preparación de pasta en el sistema de flotación y posteriormente su automatización y ahorro energético; se basa en la aplicación de diferentes fases los cuales se concluyen de la siguiente manera.

## 4.8 Conclusiones

- Se automatiza el proceso de destintado por flotación en la planta de pasta PP5 utilizando nuevas tecnologías para reducir el consumo de energía eléctrica en la Empresa Grupo Familia.
- La energía eléctrica al igual que los materiales usados en los procesos de transformación, es un recurso controlable, por lo tanto, al usarse de manera eficiente contribuye a mejorar la rentabilidad de las actividades al reducir sus costos.

Usar la energía eléctrica eficientemente significa consumir menos energía para los mismos beneficios en términos de cantidad y calidad. En el ámbito industrial significara mantener los niveles de producción y calidad del producto con una menor facturación energética.

Determinando los consumidores más importantes por tipo de energía (equipos, procesos o sistemas), con el propósito de colocar los mayores esfuerzos de investigación, inversión en estos usuarios. Para esto necesitamos tener información, si no existe datos de primera instancia se puede valer de datos de placa, las horas de operación, mediciones puntuales como voltaje, amperaje; de esto desprenderán las primeras aclaraciones con el fin de desvincular el consumo global en consumos por áreas o procesos. Ya con panoramas más claros y puntuales proceder a documentar los datos cuyo objeto en nuestro caso en el sistema de flotación es determinar el punto de comparación para evaluar la mejora continua (automatización).

- Al permitir que el personal clave se apropie del conocimiento y herramientas necesarias para la aplicación de mejora continua de los procesos; actuando y verificando sobre aquellas variables que alteran el uso y consumo energético se tiene resultados para la sostenibilidad de la empresa.

La presente investigación al involucrar personal técnico en los procesos, estudiarlos y analizarlos; la función del sistema de flotación tiene un mayor conocimiento para afrontar las variaciones del proceso desde el punto de vista productivo, como técnico aumentando la disponibilidad y confiabilidad; y obteniendo los resultados energéticos eléctricos esperados.

- Grupo Familia es una empresa que constantemente está a la vanguardia de la tecnología; sin embargo aún hay ciertos procesos que requieren ser revisados, estudiados y verificados para la mejora continua; la investigación del proceso de flotación permitió actualizar el sistema; para lo cual utilizando los elementos existentes de programación y seleccionando los equipos adecuados técnico-económico; permitiendo seguir en el camino adecuado de alcanzar los objetivos internacionales de consumo de una industria papelera (3.5Mw/ton).
- La tecnología de punta y la mejora continua no pueden estar diferentes a la rentabilidad de la empresa; es así que mediante la presente investigación se determina el comportamiento del ahorro energético en el proceso de flotación logrando vencer la expectativa del ahorro energético (30%). Lo cual garantiza que este tipo de proyectos están enfocados al objetivo empresarial de sostenibilidad.

## 4.9 Recomendaciones

- Implantar la investigación en sistemas similares en la planta industrial Grupo Familia o en cualquier empresa; pues la decisión de invertir de una empresa su capital económico y humano en este tipo de investigaciones es indicando los resultados esperados; los mismos que ya están expuestos y son muy representativos. De todas maneras, mientras en el país se subsidie la energía habrá muy pocas empresas dispuestas a utilizar racionalmente la energía eléctrica y/o térmica.
- La parte operativa cumple un rol importante en este ciclo de mejora continua energética de las empresas; recomendamos capacitarlos y entrenarlos para llevar un registro CONFIABLE de las Variables de Control Operacional, reportar de forma INMEDIATA a su superior o al Jefe de Energía la desviación de alguna de las variables, aportar con ideas importantes para controlar el consumo energético en la Planta.

#### 4.10 Referencia Bibliográfica

- Martinez, A. (2010). AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN. *CNEE*, 14.
- Naranjo, H. (02 de 2013). BUENAS PRACTICAS DE ENERGIA TISSUE MANUFACTURING. Cali, Colombia.
- Peña, L. (2007). ESTUDIO PARA LA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN. CALI: Universidad del Valle.
- Velazques, J. (2011). CÓMO JUSTIFICAR UN PROYECTO DE INVESTIGACION. Lima.

#### 4.11 Bibliografía

- Aginaga, A. (2010). Control Automatico. Quito: EPN.
- Alliot, M.; Avila, A.;. (20 de Noviembre de 2009). Destintado de Papel por Flotación.  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/argentina14/alliot.pdf>
- AQUILINO, R. P. (2007). Sistema SCADA. Mexico: Marcombo.
- Brand-Moncada. (1976). Protecciones de sistema eléctricos. Chile: Hugo Gonzáles.
- CARRE, B. (March 2005). Dissolved air flotation of process water in flotation deinking. The Netherlands: TNO.
- Corrales, L. (2007). Instrumentacion Industrial. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Grainger-Stevenson. (1996). Análisis de sistemas de potencia. Mexico: McGRAW-HILL.
- Ibarra, C. (2011). Metodología de la investigación. Metodologadelainvestigacinsiis.blogspot, 2.
- IDAE. (2011). Medidas en el sector industrial. Plan de ahorro y eficiencia energtica 2011-2020, 268.
- Méndez A., C. E. (2003). Metodología- Diseño y desarrollo del proceso de investigación. Colombia: McGrawHill.
- Navarro, P. (2006). Variadores de Velocidad en Estaciones de Bombeo. (págs. 26-38). España: Power Electrics .

Peña, J., & Galo, C. (2013). EFICIENCIA ENERGIA ELECTRICA para la industria de Alimentos. Cuenca - Ecuador: DIUC.

Peralta, J. (2015). Variadores de Velocidad Sinamics. Lasso-Ecuador: SIEMENS.

Pilatásig. (2014). Reseña de la Base Aérea Cotopaxi. Latacunga.

SMITH, C. y. (1991). Control Automatico de Procesos. Mexico: Limusa.

Uzcatogui-grupo6. (28 de Enero de 2015).

[www.google.com.ec/proyctofactible6.blogspot.com](http://www.google.com.ec/proyctofactible6.blogspot.com).

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### Datos de los variadores utilizados en la investigación.

Siemens S.A. Km 14.5 Vía a Daule Guayaquil - Ecuador

Señores:  
PRODUCTOS FAMILIA SANCELA  
Atn.: Ing. Juan Xavier Tacan

Nombre	Marcelo Segovia Bonilla
División	Industry Automation
Departamento	GPM
Teléfono	593.4.2598260 ext: 4258
Fax	593.4.2598260 ext:4279
Celular	
E-Mail	Marcelo.segovia@siemens.com
Su Referencia	
Nuestra Referencia	06731-12-PR0631-01
Ciudad, Fecha	Guayaquil, 16/07/2015

#### ASUNTO: SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE VARIADORES DE VELOCIDAD SINAMICS G120 PARA EL CONTROL DE BOMBAS DE INYECTORES PP5-005

Estimado Ing. Tacan

En atención a su amable solicitud nos complace poner a su consideración nuestra oferta No. 06731-12-PR0631-01, correspondiente al suministro detallado en el adjunto. Nuestra oferta ha sido realizada de acuerdo a las especificaciones técnicas, diagramas unifcarea y listado de cargas enviados por ustedes.

Nuestra oferta consta de:

1. Resumen de Precios.
2. Alcance del Suministro
3. Servicios.
4. Aclaraciones Técnicas
5. Condiciones Comerciales
6. Garantía Técnica.
7. Drawings, anexos.

Esperamos que nuestra propuesta sea satisfactoria y se ajuste a todos sus requerimientos técnicos y económicos.

Atentamente,

Francis Vega  
Sub-Gerente Comercial  
Sector Industry

Fabían De La Cruz  
National Distributor Manager  
Sector Industry

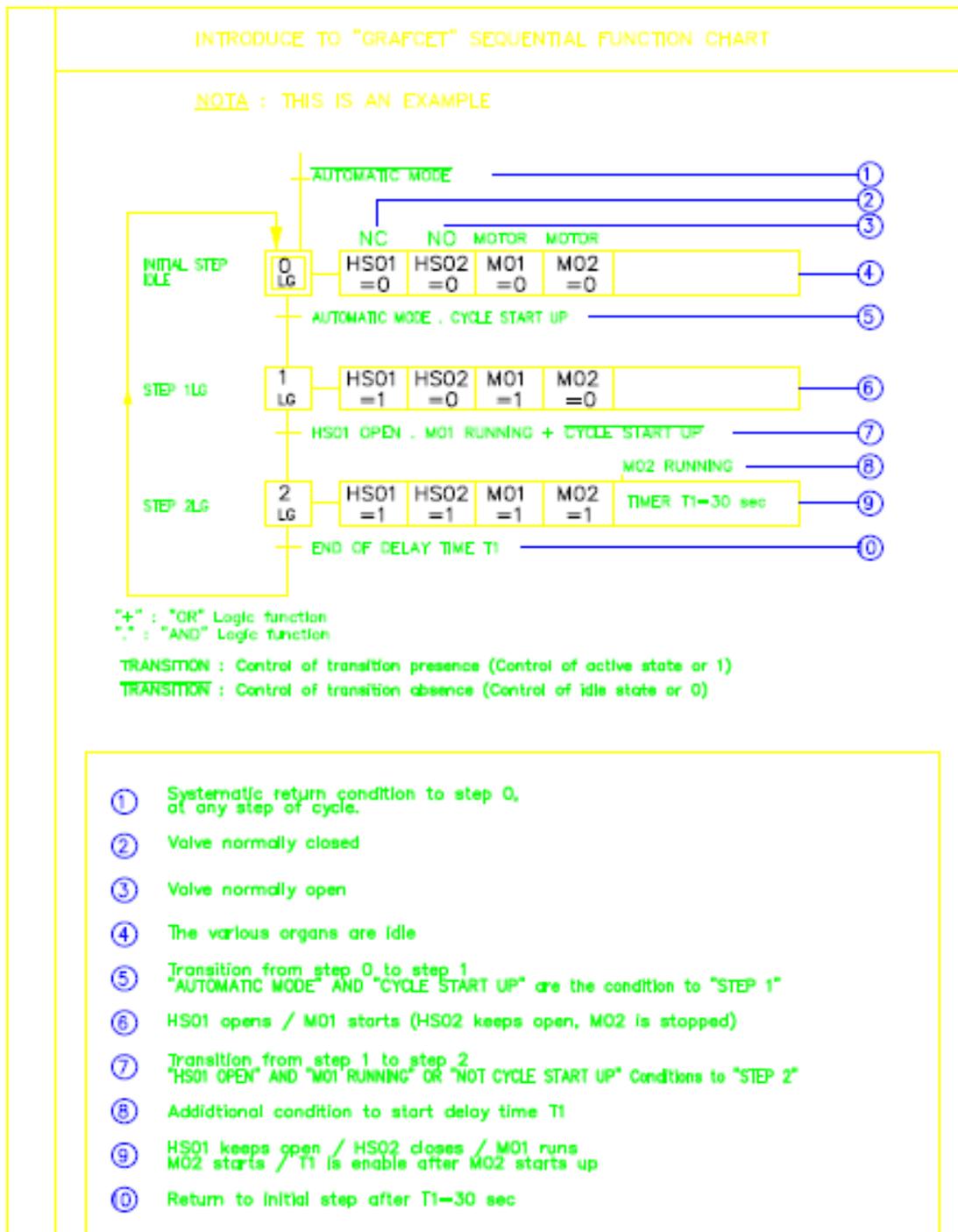
<b>3</b>	<b>VARIADORES DE VELOCIDAD SINAMICS G120</b>
----------	--

3,01	<p>SINAMICS G120 POWER MODULE PM240 WITHOUT FILTER WITH BULT IN BRAKING CHOPPER 3AC380-480V +10/-10% 47-63HZ</p> <p>OUTPUT HIGH OVERLOAD: 45KW FOR 200% 3S,150% 57S,100% 240S AMBIENT TEMP -10 TO +50 DEG C</p> <p>OUTPUT LIGHT OVERLOAD: 55KW FOR 150% 3S,110% 57S,100% 240S AMBIENT TEMP -10 TO +40 DEG C 634 X 350 X 316 (HXWXD), FSF PROTECTION IP20 WITHOUT CONTROL UNIT AND BOP</p>	4
3,02	<p>SINAMICS G120 CONTROL UNIT CU240E-2 DP E-TYPE SAFETY INTEGRATED STO PROFIBUS DP 6DI, 3DO, 2AI, 2AO, MAX 1F-DI</p> <p>PTC/KTY INTERFACE USB- AND SD/MMC-INTERFACE PROTECTION IP20 AMBIENT TEMP 0 TO +50 DEG C WITHOUT POWER MODULE AND PANEL</p>	4
3,03	<p>SINAMICS G120 BASIC OPERATOR PANEL (BOP-2)</p>	4
3,04	<p>SINAMICS G120 DOOR MOUNTING KIT IP54/UL TYP12 FOR INTELLIGENT OPERATOR PANEL AND BASIC OPERATOR PANEL BOP-2</p> <p>CONTAINS SEAL, MOUNTING MATERIAL AND CONNECTION CABLE (5M)</p>	4



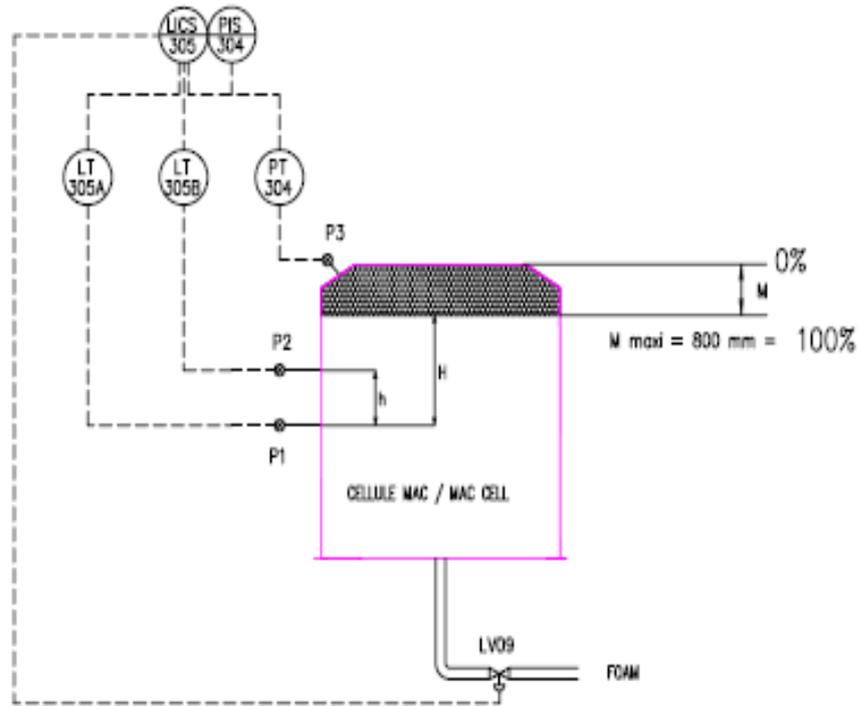
## ANEXO 3

### Grafcet del sistema de flotación



**OBJECTIVE OF THE CONTROL SYSTEM :**

CANCELLATION OF THE EFFECTS OF THE VARIATION OF THE AERATED STOCK DENSITY AND OF THE FOAM PRESSURE ON THE FOAM LEVEL MEASUREMENT.



LT305A-LT305B : LEVEL TRANSMITTERS  
 PT304 : PRESSURE TRANSMITTER  
 P1-P2-P3 : PRESSURES MEASURED BY LT305A-LT305B-PT304

$h$  = STOCK HEIGHT BETWEEN LT305A AND LT305B = CONSTANT VALUE = 600mm  
 $H$  = AERATED STOCK HEIGHT  
 $d$  = DENSITY     $g$  = GRAVITY

CORRECTED AERATED STOCK LEVEL MEASUREMENT

$$\begin{aligned} P1 &= H \cdot d \cdot g + P3 & \longrightarrow & \longrightarrow & H = \frac{P1 - P3}{d \cdot g} \\ P2 &= (H-h) \cdot d \cdot g + P3 & \longrightarrow & \longrightarrow & \\ P1 - P2 &= h \cdot d \cdot g & \longrightarrow & \longrightarrow & d = \frac{P1 - P2}{h \cdot g} \end{aligned}$$

$$H = \frac{P1 - P3}{P1 - P2} \cdot h$$

$M$  = FOAM LEVEL TO CALCULATE

$$H + M = \text{CONSTANT VALUE} = 1450 \text{ mm}$$

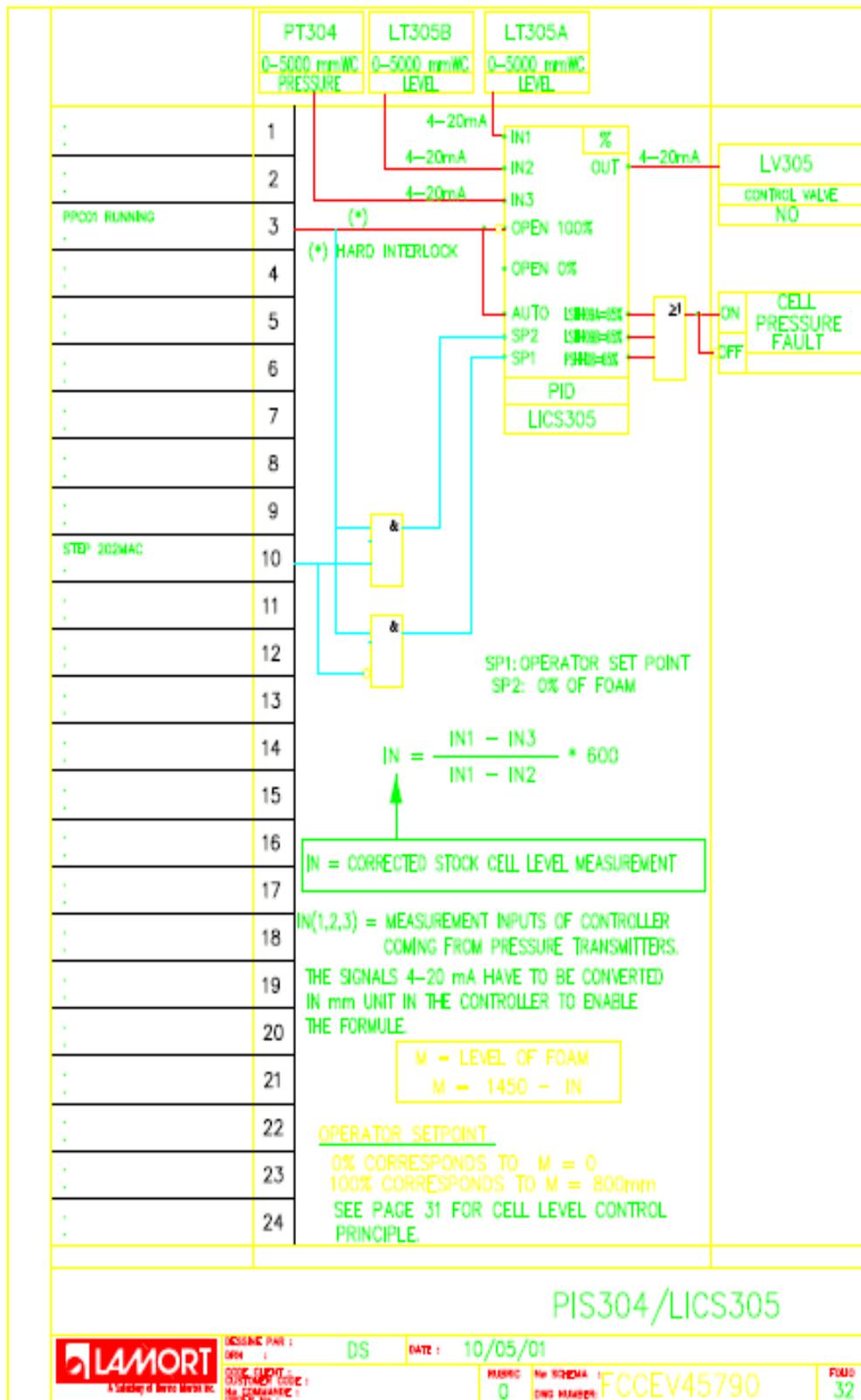
$$M = 1450 - H$$

$$M = 1450 - \frac{P1 - P3}{P1 - P2} \cdot h$$

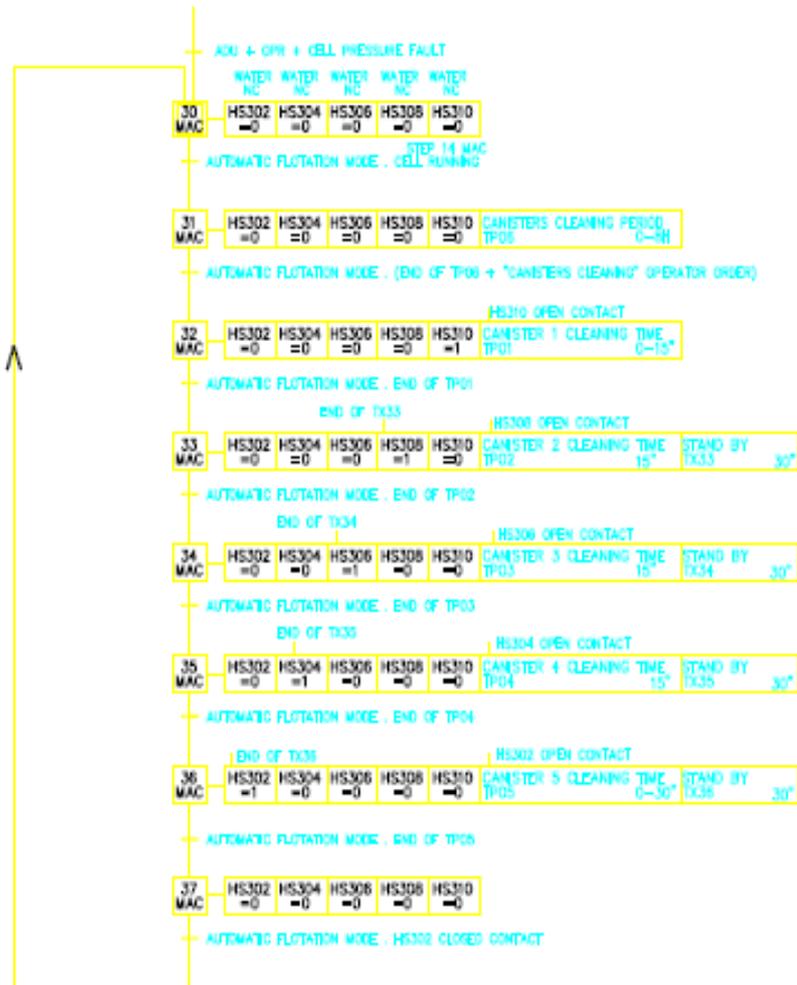
$M_{\text{maxi}} = 800 \text{ mm}$

**LEVEL CONTROL PRINCIPLE**

<b>LAMORT</b> A Society of Lamprosa S.p.A.	DESIGNER: DS	DATE: 10/05/01	PLUMBING: 0	NO. DESIGN: FCCEV45790	FILE: 31
	CONTROLLED BY: [Signature]				



ADU : FLOTATION EMERGENCY STOP + GENERAL EMERGENCY STOP  
 OPR : 'FLOTATION RESET' operator order  
 CELL PRESSURE FAULT : Level on transmitters LT305A or LT305B or PSH304  $\geq$  0.35bar

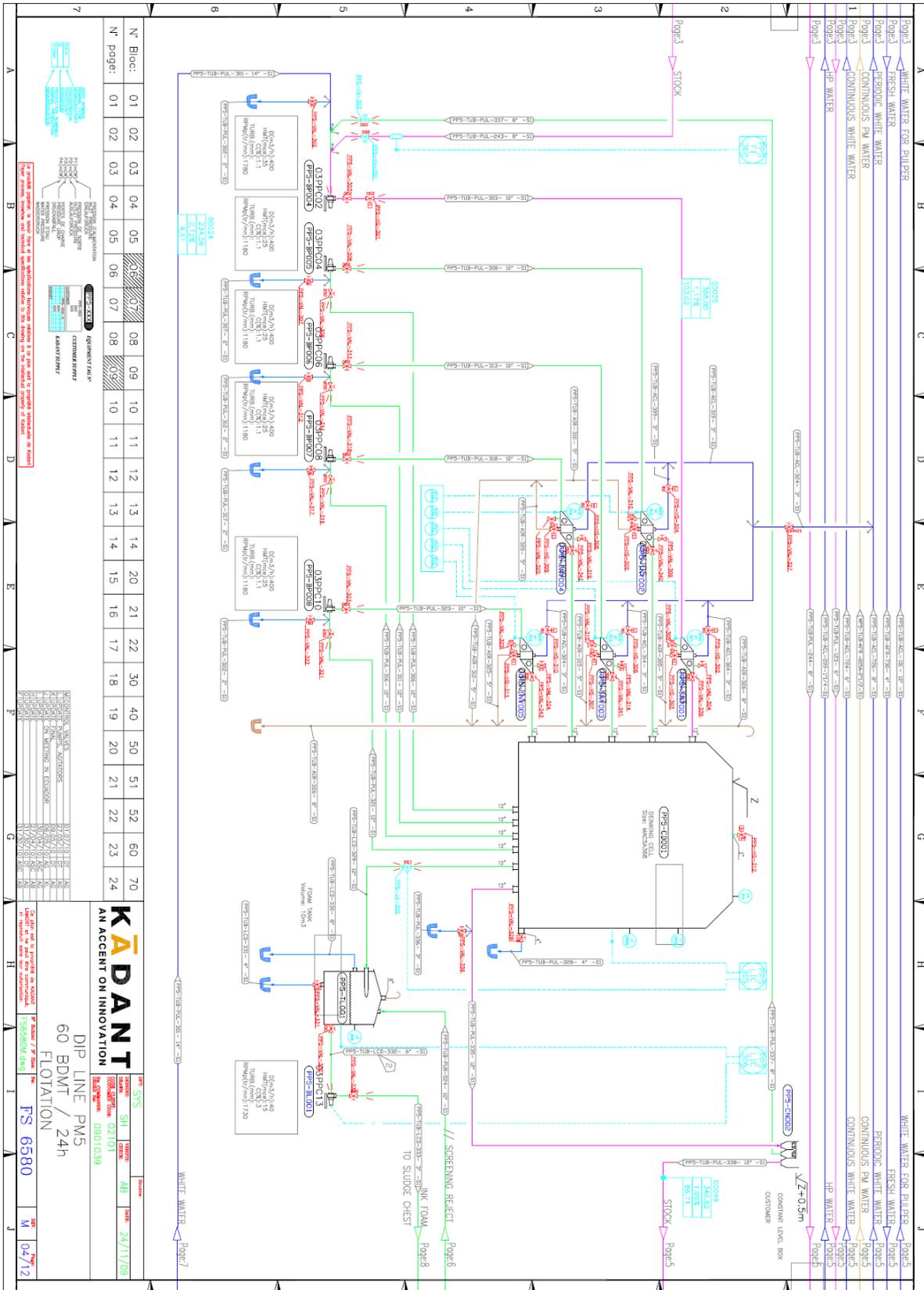


CANISTERS CLEANING CHART

	DESIGNER PAR : DS	DATE : 10/05/01	N° WISMA : ING NUMBER :	FCCEV45790	FOLD : 11
	CODE CLIENT : SUITE/APP Code : N° FORMULAIRE :	N° PROJET : 0			

# ANEXO 4

## PI&D del sistema de frotación.



Nº Bloc:	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	20	21	22	30	40	50	51	52	60	70	
Nº page:	01	02	03	04	05	06	07	08																	

**KADANT**  
AN ACCENT ON INNOVATION

DIP LINE PM5  
60 BDMT / 24h  
FLOTATION

FS 6580

04/12



Anexo 6

Plantilla consumo mes de febrero 2015.

FECHA	FLO1	PPP1	PPP2 S1	MP5AC	MP5DC	MP2	CONVER	FLUFF	S. ENER.	B. CUT.	ADMN.	MEDID.	CENACE
DIA	KWH	KWh	KWh	KWh	KWh								
1	3.414	26.589	9.992	18.600	12.516	18.300	6.272	5.225	9.917	1.490	1.275	113.590	113.590
2	2.688	17.435	8.890	13.703	8.889	15.846	6.212	5.188	8.597	1.350	1.100	89.898	89.898
3	3.303	17.617	9.309	17.980	10.978	17.757	6.500	4.800	9.169	1.420	1.200	100.033	100.033
4	3.422	18.945	9.483	17.742	10.760	17.398	7.711	4.239	9.214	1.430	1.200	101.544	101.544
5	3.569	22.174	9.472	17.630	11.205	17.547	5.432	4.880	9.451	1.450	1.200	104.010	104.010
6	3.318	25.847	9.734	18.782	12.726	17.863	3.500	4.872	9.545	1.490	1.280	108.957	108.957
7	3.617	24.100	9.251	19.286	12.599	15.832	6.693	5.165	9.275	1.480	1.260	108.558	108.558
8	3.334	27.167	9.583	19.821	13.094	17.000	7.848	4.778	9.488	1.480	1.290	114.883	114.883
9	3.485	24.300	9.289	19.533	11.498	16.918	7.356	2.387	9.443	1.482	1.200	106.891	106.891
10	3.711	16.808	9.394	19.172	11.055	16.200	6.663	1.953	8.729	1.450	1.200	96.335	96.335
11	3.697	21.843	8.038	20.388	10.575	15.500	5.946	7.43	8.748	1.450	1.200	98.128	98.128
12	3.300	21.347	9.006	19.494	12.168	15.520	5.240	1.008	7.770	1.420	1.200	97.473	97.473
13	3.446	22.182	8.875	17.557	12.620	16.631	2.893	1.000	7.403	1.400	1.150	95.157	95.157
14	3.632	24.890	9.623	19.235	12.477	17.629	5.420	1.314	9.420	1.460	1.200	106.300	106.300
15	3.431	25.890	9.539	19.510	12.359	17.873	6.328	4.932	9.810	1.490	1.300	112.462	112.462
16	3.531	24.403	9.465	18.425	11.200	17.828	6.590	5.143	9.614	1.480	1.250	108.929	108.929
17	3.590	15.601	9.460	17.899	11.420	17.396	6.260	5.148	9.501	1.430	1.250	98.955	98.955
18	3.681	22.248	9.489	18.824	11.861	17.000	5.850	5.348	9.465	1.450	1.200	106.416	106.416
19	3.398	24.962	9.832	19.268	12.651	17.346	5.457	5.013	9.674	1.490	1.220	110.311	110.311
20	3.321	24.120	9.562	20.140	12.820	17.351	3.120	4.921	9.392	1.460	1.200	107.407	107.407
21	3.725	19.626	8.856	17.536	10.698	16.178	5.018	4.882	8.649	1.440	1.200	97.808	97.808
22	3.327	25.790	9.771	19.416	12.355	17.525	6.589	5.176	9.601	1.489	1.225	112.264	112.264
23	3.666	14.914	8.842	16.734	9.639	16.084	7.269	4.487	9.755	1.430	1.225	94.045	94.045
24	3.464	10.406	9.026	16.663	9.091	15.810	6.864	4.980	9.165	1.417	1.200	88.086	88.086
25	3.346	25.654	9.700	19.346	12.217	17.841	6.396	5.229	9.551	1.490	1.350	112.120	112.120
26	3.255	24.000	9.417	18.019	12.000	16.500	5.800	5.000	9.100	1.450	1.200	105.741	105.741
27	3.520	23.500	9.000	18.000	12.000	16.244	2.120	4.921	8.992	1.410	1.200	100.907	100.907
28	3.760	23.508	9.259	18.006	11.000	16.467	5.591	5.056	9.200	1.440	1.250	104.537	104.537
29	3.454	24.000	9.364	18.452	10.928	16.392	6.808	5.160	9.367	1.460	1.250	106.635	106.635
30	3.871	19.500	5.627	18.135	10.412	6.940	7.668	4.681	8.966	1.420	1.250	88.470	88.470
31	3.621	16.894	9.280	17.769	10.978	18.000	8.501	5.099	9.695	1.430	1.200	102.467	102.467
	107.897	676.260	285.428	571.065	356.789	514.716	185.915	132.728	285.666	44.928	37.925	3.199.317	3.199.317

ANEXO 7

Planilla consumo mes de mayo 2016

FECHA	FLT	PPP1	PPP2 S1	MP5AC	MP5DC	MP2	CONVER	FLUFF	S. ENER.	B. CUT.	ADMN.	MEDID.	CENACE
DÍA	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh
1	2.054	24.878	9.790	19.690	12.200	17.364	7.232	5.412	11.157	1.490	1.280	112.547	112.547
2	2.004	24.560	9.700	20.028	12.646	17.000	7.700	5.593	11.165	1.490	1.240	113.126	113.126
3	2.056	12.000	9.480	18.200	10.488	16.510	7.517	4.603	9.500	1.450	1.200	93.004	93.004
4	2.050	20.879	9.200	17.000	10.100	16.157	6.819	4.333	9.265	1.450	1.200	98.453	98.453
5	2.008	19.200	9.250	16.700	10.561	16.172	6.332	3.783	8.895	1.450	1.200	95.551	95.551
6	2.028	24.200	9.271	17.498	11.321	16.668	8.221	4.948	9.545	1.490	1.200	106.390	106.390
7	1.780	24.154	9.527	17.859	11.872	16.696	7.220	5.400	9.062	1.490	1.289	106.349	106.349
8	1.890	22.089	9.513	16.550	10.993	16.289	8.546	5.303	8.800	1.490	1.230	102.693	102.693
9	2.002	22.185	9.421	16.400	9.698	16.433	8.024	2.890	9.269	1.490	1.223	99.035	99.035
10	2.000	24.587	9.497	18.520	11.000	16.932	7.668	2.057	9.650	1.490	1.200	104.601	104.601
11	2.003	19.000	9.065	17.469	10.091	16.507	3.987	7.58	8.284	1.450	1.200	89.814	89.814
12	2.049	23.000	8.664	16.023	9.782	16.214	3.207	1.776	7.622	1.400	1.116	90.853	90.853
13	1.483	24.816	9.643	19.200	10.207	16.613	6.111	2.200	9.562	1.490	1.200	102.525	102.525
14	1.466	24.900	9.722	19.000	10.300	16.987	8.173	5.324	10.942	1.490	1.210	109.514	109.514
15	1.992	8.752	9.785	5.800	4.125	16.738	8.516	5.361	9.867	1.420	1.180	73.536	73.536
16	1.909	8.400	7.983	14.400	7.112	13.855	6.486	4.429	8.891	1.490	1.100	76.055	76.055
17	1.980	18.639	9.368	18.600	10.651	16.876	7.301	4.885	9.757	1.490	1.200	100.747	100.747
18	1.800	24.700	9.999	17.954	10.333	17.030	5.200	5.333	10.150	1.490	1.200	105.189	105.189
19	2.090	24.000	9.746	17.099	10.346	17.347	3.400	5.321	9.737	1.490	1.200	101.776	101.776
20	2.089	24.900	9.890	19.063	11.845	17.773	5.933	4.816	9.989	1.490	1.200	108.988	108.988
21	2.000	24.922	9.736	20.394	12.066	18.154	6.507	4.523	10.106	1.490	1.200	111.098	111.098
22	1.996	24.952	9.800	20.758	12.292	17.152	7.900	6.500	9.990	1.490	1.200	114.030	114.030
23	1.899	21.580	9.302	19.987	12.100	17.665	7.750	2.220	9.516	1.490	1.200	104.709	104.709
24	1.880	22.000	9.350	19.949	12.120	17.700	7.750	2.220	9.600	1.490	1.200	105.259	105.259
25	2.080	22.000	9.350	19.949	12.120	17.700	7.750	2.220	9.600	1.490	1.200	105.459	105.459
26	2.080	18.000	9.000	14.200	7.000	16.900	3.948	2.000	9.000	1.400	1.190	84.718	84.718
27	2.050	22.632	9.500	17.000	10.300	17.000	3.000	500	9.400	1.450	1.200	94.032	94.032
28	2.100	23.300	9.000	19.000	12.200	16.900	6.425	3.588	9.764	1.490	1.200	104.967	104.967
29	1.949	18.500	9.500	18.942	11.585	17.551	7.238	5.327	9.871	1.470	1.200	103.133	103.133
30	2.017	25.148	10.120	21.000	12.978	18.216	6.978	5.505	9.999	1.510	1.280	114.751	114.751
31	2.006	25.634	10.200	21.471	13.349	18.362	7.896	5.590	10.411	1.490	1.290	117.699	117.699
	60.790	555.993	246.447	455.740	271.895	437.210	170.900	102.488	249.158	38.380	31.268	2.620.269	2.620.269

## ANEXO 8

Plantilla apertura de orden interna de inversión, implementación proyecto de automatización sistema de flotación.

SOLICITUD ORDEN INTERNA (*)		<a href="#">Favor diligencia la hoja de anexos ó incluir algún documento con la sustentación del proyecto</a>		
Nombre de la orden (*)	Drives MAC CELL & Pulper PP5			
Descrip. de la solicitud (*)	Adición de presupuesto orden de proyecto 100000005267 Drives MAC CELL & Pulper PP5, a ser instalado en la planta de preparación de pasta 5.			
CAPEX ITEM (*)	OTHER UPGRADES			
Fecha inicio de proyecto (*)	11-sep-15	Fecha fin proyecto (*)	30-dic-15	
Solicitado por	Cédula (*)	0.501701239 XAVIER TACAN		
Responsable	Cédula (*)	1.753.054.806 JAIME LEON		Centro de costos responsable (*)
				ECLA2011
Tipo de Proyecto	Proyectos/Operaciones (*)	F100 - INVERSIONES	Tipo (*)	PU (PU) Product upgrade
	Proyectos/Mercadeo (*)	PROYECTOS	Negocio - Categoría (*)	CT- TP Consumer Tissue Papel higiénico
PRESUPUESTO Mon. Sociedad	80.660 USD		Liquidación (*)	Activar (%) 100%
Tasa de cambio	1 USD/ USD			Diferir (%)
Gastos estimados USD:	80.660 USD		Centro de Costos (*)	ECLA1070

<p style="text-align: center;">Nombre y Firma del Gerente de División</p>	<p style="text-align: center;">Firma de Aprobación Gerencia General</p>
---	---